

# *Actas INAGEQ*

Volumen 15, No. 1, Septiembre de 2009.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
*Instituto de Investigaciones Oceanológicas*



Número especial dedicado al  
**XIX CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA**

Y a nuestro querido socio y amigo

Dr. Rodolfo Rodríguez Ríos (Q.D.E.P.)



Rodolfo como excelente anfitrión en uno de tantos divertidos rompehielos durante el congreso INAGEQ, San Luis Potosí, SLP, Septiembre 2005  
TE ECHAREMOS DE MENOS.

Editores

*Luis Walter Daesslé, Karina C. Lugo Ibarra y Alexandro Orozco Durán*  
Ensenada, Baja California, 21 al 25 de Septiembre de 2009.

---

**DIRECTORIO**
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

Dr. Gabriel - Estrella Valenzuela - *Rector*  
 Dr. Felipe Cuamea Velázquez - *Secretario General*  
 M.C. Judith Isabel Luna Serrano - *Vicerectora Campus Ensenada*  
 Dr. Isai Pacheco Ruiz - *Director del Instituto de Investigaciones Oceanológicas*

**MESA DIRECTIVA 2008-2010 DEL INAGEQ.**

Dra. Amabel Ortega Rivera - *Presidente*  
 Dr. Bodo Weber – *Secretario General*  
 M.C. Jesús Vidal Solano - *Tesorero*

**DELEGADOS DEL INAGEQ***REGIONALES*

Juriquilla- Dr. Eduardo González Partida  
 D.F.- Quím. Rufino Lozano Santacruz  
 Morelos-Dr. Peter Birkle

*INSTITUCIONALES*

<b>CICESE</b> Dr. Bodo Weber	<b>UAGro</b> Dr. Oscar Talavera
<b>IIE</b> Dr. Peter Birkle	<b>UASon</b> Dra. Lourdes Vega Granillo
<b>IMTA</b> Dra. Ana Hansen	<b>UdeG</b> Dr. Pedro Zárate del Valle
<b>CICIMAR</b> Dr. Evgueni Choumiline	<b>UAHidalgo</b> Dr. John Armstrong
<b>ESIA-IPN</b> Vacante	<b>UANL</b> Dr. Fernando Velasco
<b>UABC</b> Dr. Walter Daesslé	

*POR ESPECIALIDAD*

<b>Geoquímica Ambiental</b> Dra. Ma. Aurora Armienta H,	<b>Tectónica</b> Dr. Jaime Dante Morán Zenteno
<b>Geocronología</b> Dra. Ma. Amabel Ortega R.	<b>Petrología</b> Dr. Oscar Talavera
<b>Geoquímica Analítica</b> Dr. Edgar Santoyo Gutiérrez	<b>Geoquímica de Isótopos</b> Dr. Fernando Velasco T.
<b>Biogeoquímica</b> Dr. Evgueni Choumiline	<b>Interacción Fluido-Roca</b> Dr. Thomas Kretzschmar
<b>Geoquímica Marina</b> Dr. L. Walter Daesslé	<b>Vulcanología</b> Dr. Francisco Paz
<b>Hidrogeoquímica</b> Dra. Eva Lourdes Vega Granillo	
<b>Mineralogía</b> M.C. Consuelo Macías	

**SECRETARIOS**

Eventos: Dr. Luis Walter Daesslé Heuser  
 Difusión: M.C. Mirna Guevara García  
 Relaciones: Dra. Diana Ma. Meza Figueroa

**COMITÉ ORGANIZADOR INAGEQ 2009**

Dr. Luis Walter Daesslé  
 M.C. Karina del Carmen Lugo Ibarra  
 Ocean. Alejandro Orozco Durán  
 M.C. Raul Torres Rico  
 Lic. Suemy Franco Orlayneta

---

Esta publicación puede ser adquirida en:

INAGEQ, A.C., Apartado Postal 5-300, Col. Las Palmas, Cuernavaca 5, 62051 Morelos, México.

La formación de la revista es responsabilidad de los editores y el contenido de los resúmenes y artículos de sus respectivos autores.

DR© 2009, Instituto Nacional de Geoquímica, A.C.

Fotografía de la portada: "Isla de Todos Santos, Ensenada, B.C." LWD 2004.

---

## ÍNDICE

		Pag.
	Dedicatoria	I
	Directorio	ii
	Índice	iii
<b>SESION 1</b>	<b>Geoquímica Marina y Sedimentaria 1</b>	
	<b>HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP'S) EN SEDIMENTOS DEL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO.</b> Catalina A. Angeles-Cruz, Kinardo Flores-Castro, Rosa María Prol-Ledesma, Richard Gibson, Carles Canet-Miquel.	1
	<b>INTERPRETACIÓN DE BIOMARCADORES EN ROCAS EVAPORÍTICAS DE LA REGIÓN DE SAN NICOLÁS, ESTADO DE HIDALGO.</b> Kinardo Flores-Castro, Claudia D. Pérez-Ángeles, Catalina A. Angeles-Cruz, Richard Gibson, Fidel Pérez-Moreno, Màrius Ramírez-Cardona y Carlos Esquivel-Macías.	7
	<b>DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS COMPONENTES BIOGÉNICOS EN EL MARGEN SUROCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO.</b> Alberto Sánchez, Sergio Aguíñiga, Blanca E. López-Ortiz, Jaime Camalich, Laura A. Rodríguez-Juárez, Lilia I. Sánchez-Vargas y J. Armando Guadarrama-Romero.	14
	<b>DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE BUTIL- Y FENIL ESTAÑADOS EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.</b> José Luis Sánchez-Osorio, José Vinicio Macías-Zamora y Nancy Ramírez-Álvarez.	14
	<b>RECONSTRUCCIÓN DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO: EVIDENCIAS GEOQUÍMICAS EN CORALES.</b> Constanza Ricaurte-Villota, José D. Carriquiry-Beltrán, Julio Alberto Villaescusa-Celaya y Guillermo Horta-Puga.	15
	<b>DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CARBONO ORGÁNICO, NITRÓGENO TOTAL Y DIAGÉNESIS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE CUYUTLÁN COLIMA.</b> A. Orozco-Durán, A. Olivos-Ortiz, A. O. Meyer Willerer, y I. González-Chavarín.	16
	<b>ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DEL GOLFO DE CALIFORNIA DURANTE EL HOLOCENO, MEDIANTE ÓPALO BIOGÉNICO EN SEDIMENTOS.</b> Karla Mejía-Piña y Oscar González-Yajimovich.	16

<b>FACTOR DE ENRIQUECIMIENTO DE MOLIBDENO: ¿NUEVO PROXY DE PALEOSALINIDAD?</b> Jacob Alberto Valdivieso-Ojeda, y Miguel Ángel Huerta-Díaz.	17
--	----

## **SESION 2      Geoquímica Ambiental**

<b>CONFERENCIA MAGISTRAL: LA IMPORTANCIA DE LA QUÍMICA DE SUPERFICIES EN LA GEOQUÍMICA AMBIENTAL. ESTUDIO DE CASO: LA GOETITA.</b> Mario Villalobos-Peñalosa	18
--	----

<b>CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE ARQUEOMATERIALES EN LA SIERRA LIBRE, SONORA, MÉXICO: EL HORNO DEL CAÑÓN LA PINTADA.</b> Manuel Graniel-Tellez y Jesús Roberto Vidal-Solano	19
---	----

<b>EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA POR METALES PESADOS PROVENIENTES DEL EXBASURERO DE MÉRIDA, YUCATÁN,</b> Eduardo Graniel-Castro, Ismael Sánchez y Pinto, Germán Giacomán-Vallejos, María del Carmen Ponce Caballero y María Rosa Sauri-Riancho.	24
--	----

<b>EL PROBLEMA DE LA BASURA Y LA NECESIDAD DE ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS QUE INVOLUCREN A LA GEOQUÍMICA EN LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.</b> Juanita del Pilar Ochoa-Chi	30
---	----

<b>EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR METALES PESADOS EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO, USANDO <i>FICUS BENJAMINA</i> COMO BIOMONITOR.</b> Janin Guzmán-Morales, Ofelia Morton-Bermea, Elizabeth Hernández-Alvarez, María Teresa de J. Rodríguez-Salazar, Felipe Vázquez-Gutiérrez y Luz Patricia Ortega-Tenorio	31
--	----

<b>EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA GEOQUÍMICA-AMBIENTAL DE UNA PRESA DE JALES EN EL ESTADO DE MÉXICO.</b> Lilitiana Lizárraga-Mendiola, Ma. del Refugio González-Sandoval, Ma. del Carmen Durán-Domínguez	31
---	----

<b>DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES POR JALES MINEROS AGUAS ABAJO; VETAGRANDE ZACATECAS, MÉXICO.</b> Viviana Eréndira Elías-Zavala y Thomas Gunter Kretzschmar	32
---	----

<b>METALES PESADOS EN ANILLOS DE CRECIMIENTO DE ÁRBOL – HERRAMIENTA PARA BIOMONITOREO DE ACTIVIDADES METALÚRGICAS.</b> Mónica L. Rodríguez-Estrada, Laura E. Beramendi-Orosco, Galia González-Hernández, Francisco Martín-Romero, Ofelia Morton-Bermea y Elizabeth Hernández-Álvarez	33
--	----

**SESION 3 Petrología y Tectónica**

- CONFERENCIA MAGISTRAL: EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DIAGRAMAS DE DISCRIMINACIÓN TECTONOMAGMÁTICA Y DE CLASIFICACIÓN DE ROCAS ÍGNEAS ALTERADAS.** Surendra P. Verma 33
- COMPOSICIÓN GEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DE LAS ROCAS VOLCÁNICAS DE LA FORMACIÓN TEPOZTLÁN, ESTADOS DE MÉXICO Y MORELOS.** Ignacio S. Torres-Alvarado, Nils Lenhardt, Matthias Hinderer y Jens Hornung 39
- LA SIERRA BASOMARI: VOLCANISMO POTÁSICO DEL MIOCENO INFERIOR EN EL NE DE SONORA, MÉXICO.** Francisco A. Paz-Moreno, Edith Jobin y Alain Demant 40
- PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE LA UNIDAD VOLCÁNICA CERRO PRIETO, RAYÓN: COMPARACIÓN CON EL VOLCANISMO POTÁSICO DEL OLIGOCENO-MIOCENO DE SONORA.** Alejandra Marisela Gómez-Valencia, Jesús Roberto Vidal-Solano, Judith Castillon-González, Angel Enrique Olguín-Villa y Ricardo Enrique Ortega-Ochoa 41
- PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA ISOTÓPICA (SR-SM-ND) DEL VOLCANISMO CUATERNARIO EN EL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA.** Arturo Martín, Bodo Weber y Axel Schmitt 48
- EN BÚSQUEDA DE UNA EXPLICACIÓN PARA LOS DESCOMUNALES VOLÚMENES DE RIOLITAS ANOROGÉNICAS DE LA SIERRA LIBRE, SONORA, MÉXICO.** Santa Barrera-Guerrero y Jesús R. Vidal-Solano 48
- PETROLOGÍA ÍGNEO-METAMÓRFICA DEL BASAMENTO PROTEROZOICO Y LARAMÍDICO EN SONORA CENTRAL: AVANCES EN LA CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA.** Judith González, Saúl Herrera-Urbina, Alexander Iriondo y Francisco A. Paz-Moreno 49
- EN BÚSQUEDA DE UNA CORRELACIÓN GEOQUÍMICA PARA LAS IGNIMBRITAS HIPERALCALINAS DEL MIOCENO MEDIO EN EL NW DE MÉXICO: AVANCES EN EL ANÁLISIS DE LÁMINAS DELGADAS CON ICP-AES Y UN SISTEMA DE ABLACIÓN LASER ACOPLADO.** Jesús Roberto Vidal-Solano y Diana María Meza-Figueroa 50
- GEOQUÍMICA DE ROCAS VOLCÁNICAS ALTERADAS POR HIROTERMALISMO UN EJEMPLO AL NORTE DE GUANAJUATO, GTO.** Jorge Jaime Mengelle López 51
- GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS TRAZA Y TIERRAS RARAS DE ROCAS** 52

**CLÁSTICAS DEL ANTICLINORIO DE HUAYACOCOTLA EN LA REGIÓN ESTE DEL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO.** John S. Armstrong-Altri, Cruz Martínez Adriana, Ávila Ramírez Gladis Marley, Marius Ramírez Cardona , J. Madhavaraju, Kinardo Flores-Castro, Granados Ramírez Pamela, Mendoza Espinosa Milton, Zamorano Téllez J. Antonio

**IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS TECTÓNICOS MEDIANTE ESTUDIOS PETROGRÁFICOS Y GEOQUÍMICOS DEL GNEIS HUIZNOPALA (LITOTIPOS GABRO-ANORTOSÍTICO Y PSAMITICO), NORESTE DEL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO** 52  
Milton Mendoza-Espinosa, Màrius Ramírez, Eduardo Cerecedo S., Kinardo Flores , Adriana Cruz, José A. Zamorano· José A. Meneses Lugo

**SESION 4 Geoquímica Marina y sedimentaria 2**

**CONFERENCIA MAGISTRAL: RECONSTRUCCIONES PALEOCEANOGRÁFICAS DEL OCÉANO PACÍFICO NORORIENTAL DE MÉXICO A PARTIR DE APLICACIONES GEOQUÍMICAS EN CORALES ARRECIFALES.** 55  
José D. Carriquiry

**REE GEOCHEMISTRY OF LACUSTRINE AND AEOLIAN DEPOSITIONAL REGIMES DURING THE LAST 50 <sup>14</sup>C KYR BP IN THE LAGUNA SECA DE SAN FELIPE, SONORA DESERT** 56  
Roy Priyadarsi Debajyoti, Ofelia Morton-Bermea, Socorro Lozano-García, Beatriz Ortega y Rufino Lozano-Santacruz

**ACUMULACIÓN DE LOS ELEMENTOS TRAZA Y PATRONES DE LANTÁNIDOS EN ALGUNOS ORGANISMOS DE CAMPOS HIDROTERMALES DE LA CUENCA GUAYMAS (GOLFO DE CALIFORNIA) Y 9°50'N DE LA ELEVACIÓN DEL PACÍFICO ORIENTAL.** 56  
Evgueni Choumiline, Ludmila Demina y Sergey Galkin

**PESTICIDAS (2,4'DDT Y 4,4'DDT) Y ΣBPC'S, EN NÚCLEOS DE SEDIMENTO EN EL RÍO COLORADO- RÍO HARDY, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.** 58  
K.C. Lugo-Ibarra, L.W. Daesslé y J.V. Macias-Zamora, J.V

**GEOCHEMISTRY OF APTIAN-ALBIAN SHALES OF MURAL FORMATION OF BISBEE GROUP, NORTHERN SONORA, MEXICO: IMPLICATION ON PALEOREDOX CONDITIONS.** 58  
J. Madahavaraju y C. M. González-León

**PROVENANCE OF BEACH SANDS OF THREE AREAS OF GULF OF MEXICO, MÉXICO.** 59  
John S. Armstrong-Altrin, J.J. Kasper-Zubillaga, A. Carranza-Edwards, G. Nelson Eby y Pamela Granados-Ramírez

**EVALUACIÓN DE LA POSIBLE INFLUENCIA DE LOS MANANTIALES GEOTERMALES SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LOS SEDIMENTOS DE LA** 60

**ZONA DE PLAYA DE SANTISPAC, BAHÍA CONCEPCIÓN, B.C.S.** María Luisa Leal-Acosta, Dmitry Sapozhnikov, Vyacheslav Gordeev, Evgueni Choumiline y Nicolai Mirlean

**CONDICIONES CRÍTICAS PARA LA PRECIPITACIÓN DE CARBONATOS EN FORMACIONES DEL TIPO “BEACHROCKS”. UN ESTUDIO BASADO EN MODELOS DE ESPECIACIÓN-REACCIÓN.** Aitor Rumín y Lidia Queraltó 61

**GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS RECIENTES A LO LARGO DE LA PLAYA DE NAUTLA, GOLFO DE MÉXICO: IMPLICACIONES PARA ROCA FUENTE.** Pamela Granados-Ramírez, John S. Armstrong-Altrin, J.J. Kasper-Zubillaga, A. Carranza-Edwards, J. Madhavaraju, Kinardo Flores-Castro, Marius Ramírez-Cardona y Cruz Martínez Adriana 62

**ÍNDICES GEOQUÍMICOS DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO.** Felipe Vázquez-Gutiérrez, Miguel Herrera-Rodríguez, Héctor M. Alexander-Valdés, Patricia Ortega-Tenorio, Luz M. Díaz de León-Hernández 63

**PARAMETROS DE CRECIMIENTO DE *Montastraea faveolata* COMO TRAZADORES DE CONDICIONES AMBIENTALES EN EL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO.** Constanza Ricaurte-Villota, José D. Carriquiry-Beltrán, Julio Alberto Villaescusa-Celaya y Guillermo Horta-Puga 67

#### **SESION 5 Geoquímica Yacimientos**

**PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA POR ORO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL INTRUSIVO EL CALVARIO, JACALA DE LEDESMA, HIDALGO, MÉXICO.** José Antonio Zamorano, Kinardo Flores, José Luis Cadena, Juan Hernández, Marius Ramírez, Ester Magos y Milton Mendoza 67

**MINAS DE ARENA Y GRAVA, FUENTE POTENCIAL DE UN PLACER ARTIFICIAL PARA LA OBTENCIÓN DE ORO Y MINERALES DENSOS.** Manuel Viladevall i Solé, José Luis Cadena-Zamudio, Kinardo Flores-Castro y Fidel Pérez-Moreno 68

**DISTRIBUCIÓN DE ARSÉNICO EN JALES PROVENIENTES DE YACIMIENTOS TIPO SKARN.** María Guadalupe Villaseñor-Cabral, María Aurora Armienta-Hernández y Carlos Linares-López 69

**METODOLOGÍA DEL MUESTREO GEOQUÍMICO DE ROCAS Y SUELOS EN EXPLORACIÓN MINERA.** Darcy K. Garcia-Grillet y Ma. Amabel Ortega-Rivera 70

**EVALUACIÓN DE EXACTITUD DE MODELOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR CONDUCTIVO Y CONDUCTIVO-CONVECTIVO PARA LA DETERMINACIÓN DE TEMPERATURAS ESTABILIZADAS DE FORMACIÓN** 71

**EN POZOS GEOTÉRMICOS, PETROLEROS Y DE REGIONES PERMAFROST.** Orlando Miguel Espinoza-Ojeda, Edgar Rolando Santoyo-Gutiérrez y Jorge Alberto Andaverde-Arredondo

**CARACTERIZACIÓN DE UN FOSFATO HIDRATADO DE FIERRO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE DIFRACCIÓN Y FLUORESCENCIA DE RAYOS X: LA VIVIANITA DE LA MINA LA CARIDAD, SONORA, MÉXICO.** Abraham Mendoza-Cordova, Jesús R. Vidal-Solano, Efrén Pérez-Segura y Enrique Espinoza-Medina 72

**RESTOS FÓSILES ASOCIADOS A YACIMIENTOS DE FLUORITA EN EL NOROESTE DE COAHUILA, MÉXICO.** A. Blanco-Piñón, J. Hernández-Avila, M. Ramírez-Cardona, L. E. Silva-Martínez, A. Arenas-Flores, L. Lizárraga-Mendiola, H. Porras-Múzquiz 77

#### **SESION 6 Geocronología e isotopía**

**MICROTERMOMETRÍA E ISÓTOPOS DE  $\delta^{34}\text{S}$  DEL CUERPO DE SULFUROS MASIVOS LOS MEXICANOS, AL SE DE LA SIERRA DE GUANAJUATO, GTO.** Jorge Jaime Mengelle López. 81

**ESTUDIO GEOQUÍMICO Y GEOCRONOLÓGICO  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  DE LOS PLUTONES LARAMÍDICOS DEL ÁREA SOBAI SATECHI, SONORA, MÉXICO.** Erika Almirudis-Echeverría, Francisco A. Paz-Moreno, Margarita López-Martínez & Saul Herrera-Urbina 93

**PROCESOS HIDROTERMALES Y AUTIGÉNICOS EN PALEO-LAGOS ÁCIDOS DE SISTEMAS MAAR-DIATREMA USANDO UNA SISTEMÁTICA DE ISÓTOPOS ESTABLES ( $\delta^{34}\text{S}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^{13}\text{C}$ ): CRÁTER EL ELEGANTE, CAMPO VOLCÁNICO EL PINACATE, SONORA MÉXICO.** Facundo Cázares-Hernández, Rafael Del Rio-Salas y Francisco A. Paz-Moreno 84

**NUEVOS RESULTADOS DE FECHAMIENTOS DE ZIRCONES DETRÍTICOS DE LAS FORMACIONES CRETÁICAS DE LA REGIÓN COSTERA ENTRE COLIMA Y PLAYA AZUL SUS IMPLICACIONES EN LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL OCCIDENTE DE MÉXICO.** Elena Centeno-García, Cathy Busby y Michael Busby 85

**LA COMBINACIÓN DE LOS MÉTODOS U-PB Y LU-HF EN ZIRCONES DETRÍTICOS PARA ESTUDIOS DE PROVENIENCIA: EJEMPLOS DEL PALEOZOICO DE BELICE.** Bodo Weber, Erik Scherer y Klaus Mezger. 85

#### **SESION 7 Hidrogeoquímica**

87

- WATER/ROCK INTERACTION -13, GUANAJUATO, MEXICO, AGOSTO 2010.** Thomas Kretzschmar, María Aurora Armienta, Peter Birkle, Carles Canet, Anne Hansen, Gilberto Carreño, Joel Carrillo, Ulises Lopez, Jürgen Mählknecht, Juan Carlos Mora, Yan Renee Ramos, Miguel Ángel Moreles, Ignacio Torres Alvarado y Bodo Weber
- CARACTERIZACIÓN ISOTÓPICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y SU RELACIÓN CON LA INTRUSIÓN SALINA EN LOS ACUÍFEROS DEL VALLE DE GUAYMAS Y BOCA ABIERTA, SONORA, MÉXICO.** Karen L. Zúñiga A., David H. Encinas Y., Armando G. Canales E. y J. Eastoe Christopher 87
- LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DE SANTIAGO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO. - ESTUDIO HIDROGEOQUÍMICO E ANÁLISIS ESTADÍSTICO.** Jobst Wurl, Pablo Hernández-Morales y Miguel A. Imaz-Lamadrid 88
- HIDRODINAMICA Y RIESGO AL CONSUMO HUMANO DEL MANGANESO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA LLANURA COSTERA DE LA CUENCA DEL RÍO SINALOA.** M. Norzagaray Campos, E Troyo Diegéz, O. Llanes Cárdenas y P Muñoz Sevilla 92
- DESARROLLO HIDROGEOQUÍMICO DE UN ACUÍFERO SOBREEXPLOTADO EN EL VALLE DE GUADALUPE, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.** Thomas Kretzschmar 93
- CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA AMBIENTAL DEL ACUÍFERO DEL RÍO SANTA CRUZ, SONORA, MÉXICO. UNA RELACIÓN BINACIONAL DE EQUILIBRIO.** Karla Hernández, Miguel Rangel, Margarita De la O. y Gómez Agustin 94

**SESION 8 Geoquímica Analítica**

- ADSORCIÓN Y OXIDACIÓN DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS SOBRE ÓXIDOS DE MANGANESO LAMINARES.** Manuel Carrillo-Cárdenas, Mario Villalobos-Peñalosa, Richard Gibson y Norma Ruth López-Santiago 95
- PARTICIPACIÓN DEL LABORATORIO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DEL IGLUNAM EN PRUEBAS DE HABILIDAD INTERLABORATORIOS.** R. Lozano-Santa Cruz, P. Girón-García y S. Ángeles-García 96
- EJERCICIO DE INTERCALIBRACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA Y MAYORES EN MATERIAL DE REFERENCIA CERTIFICADO POR ICP-MS E ICP-OES.** Elizabeth Hernández-Alvarez, Ofelia Morton-Bermea, Janin Guzmán-Morales, María Teresa de J. Rodríguez-Salazar, María Elena García, Mercedes Reyes-Sánchez, Margarita Gutierrez-Ruiz, Agueda Cenicerós- 96

Gómez, Hedgar Hernández y Gerardo Martínez-Jardines

**EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE MATERIALES SEDIMENTARIOS DE REFERENCIA GEOQUÍMICA DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA DE JAPÓN (GSJ).** K. Pandarinath 97

**DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO ANALÍTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE Pb ISOTÓPICO POR MEDIO DE ICP-MS: APLICACIÓN A MUESTRAS DE SUELOS DE LA CD. DE MÉXICO.** Ofelia Morton-Bermea, María Teresa de J. Rodríguez-Salazar, Elizabeth Hernández-Alvarez, María Elena García y María Teresa Ortuño-Arzate 99

**QUÍMICA DE SEPARACIÓN DE LUTECIO Y HAFNIO EN ROCAS Y MINERALES: METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL LABORATORIO DE GEOQUÍMICA ISOTÓPICA DE CICESE.** Patricio Montecinos, Juliana Estrada-Carmona y Bodo Weber 99

## **SESION 9 Hidrogeoquímica**

**TRIBUNA DEL AGUA** 100  
César Obregón M. Sáenz

**EVALUACIÓN DE ZEOLITA DOPADA PARA DISMINUIR EL CONTENIDO DE ARSÉNICO EN AGUA DE POZO.** Fidel Pérez-Moreno, Sandra Quintero-Escamilla, José Luis Cadena-Zamudio, Kinardo Flores-Castro, Catalina A. Angeles-Cruz, Yolanda Marmolejo-Santillán 101

**ANÁLISIS DE VARIABLES EXPERIMENTALES DE INTERACCIÓN FLUIDO-ROCA BAJO CONDICIONES DE SISTEMAS GEOTÉRMICOS.** Daniel Pérez-Zárate, Ignacio S. Torres-Alvarado, Edgar Santoyo Gutiérrez, Lorena Díaz-González 105

**DESARROLLO HIDROGEOQUÍMICO DE LA CUENCA SAN MIGUEL.** M. Tostado-Plascencia y Thomas Kretzschmar 106

**EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y MODELACIÓN GEOQUÍMICA DE DATOS HIDROGEOQUÍMICOS DE FLUIDOS HIDROTERMALES PARA EL ÓPTIMO FUNCIONAMIENTO DE HERRAMIENTAS GEOTERMOMÉTRICAS.** Rosario Vázquez-Morales, Ignacio S. Torres-Alvarado, Lorena Díaz-González y Edgar Santoyo 107

**HUMEDALES DE MESA DE ANDRADE.** Mauricio Peregrina-Llanes, Alejandro Hinojosa-Corona, Thomas Kretzschmar y Jorge Ramírez-Hernández 108

<b>EL ACUÍFERO DE MANADERO ANTE LA PERSPECTIVA DE SU SOBREEXPLOTACIÓN Y RECARGA ARTIFICIAL.</b> Luis Walter Daesslé, Karina Lugo Ibarra, Leopoldo Mendoza Espinosa y César Obregón M. Sanz	108
<b>Estatutos INAGEQ</b>	109
<b>Instituciones participantes</b>	115
<b>Índice de Autores</b>	116
<b>Acta de la Asamblea General 2008</b>	118

# HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP'S) EN SEDIMENTOS DEL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO.

Catalina A. Angeles-Cruz<sup>1</sup>, Kinardo Flores-Castro<sup>2</sup>, Rosa María Prol-Ledesma<sup>3</sup>, Richard Gibson<sup>4,5</sup>, Carles Canet-Miquel<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria s/n, Delegación Coyoacán, 04510 México, D.F. [ac2805@hotmail.com](mailto:ac2805@hotmail.com)

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra y Materiales. Departamento de Geoquímica, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carr. Pachuca-Tulancingo, km. 4.5. C.P. 42184. Mineral de la Reforma. Hidalgo.

<sup>3</sup> Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria s/n, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, México, D.F.

<sup>4</sup> Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria s/n, Delegación Coyoacán, C.P. 04510 México, D.F.

<sup>5</sup> Agri-Food and Biosciences Institute. Queen's University Belfast BT4 3SD. Northern Ireland, UK.

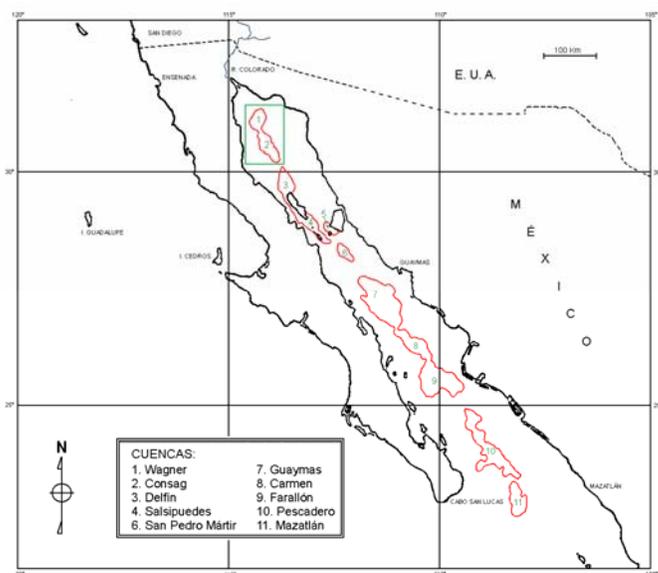


Figura 1. Cuencas submarinas en el Golfo de California (modificado de Shepard, 1950) y localización del área de estudio (delimitada por el recuadro).

## Introducción

Existe un conjunto particular de moléculas orgánicas relacionadas con productos naturales de origen específico al que se le denomina *biomarcadores*. Una de las aplicaciones más comunes para los biomarcadores es la determinación de la madurez termal de la materia orgánica para establecer condiciones térmicas de las cuencas sedimentarias, así como determinar su potencial de generación de hidrocarburos (ej. Makenzie, 1984; Radke *et al.*, 1997).

Dentro de este grupo, se encuentran los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's), que son compuestos formados por anillos bencénicos fusionados que no contienen heteroátomos. De acuerdo a su origen pueden clasificarse en tres tipos (Alberty y Reif, 1988):

- Petrogénicos: formados por procesos diagenéticos de baja temperatura que actúan sobre la materia orgánica sedimentaria (MOS).
- Pirogénicos (Pirolíticos): se forman como resultado de procesos naturales (vulcanismo, alteración hidrotermal o catagénesis de la MOS), así como por actividad antropogénica (combustión de materia orgánica reciente y combustibles fósiles).
- Biogénicos: los HAP's de origen biogénico se generan por procesos biológicos o como producto de etapas tempranas de diagénesis en sedimentos marinos.

En zonas de expansión oceánica (*riff*), el origen de los HAP's se ha asociado directamente con la alteración de la MOS como consecuencia de la actividad hidrotermal. Dentro del Golfo de California,

este fenómeno ha sido ampliamente estudiado en la Cuenca de Guaymas (ej. Bazylnski *et al.*, 1988; Gieskes *et al.*, 1988; Simoneit, 1985, 1990b; Simoneit *et al.*, 1984, 1992; Welhan y Lupton, 1987; Whelan *et al.*, 1988; Seewald *et al.*, 1990).

En la zona del presente estudio (Cuencas Wagner y Consag, Figura 1), mediante la identificación y cuantificación de otros compuestos particulares se determinaron algunos parámetros que confirman la relación entre los HAP's y la actividad hidrotermal.

### Procedimiento

Las muestras de sedimento analizadas en el presente estudio se colectaron directamente del fondo marino, a lo largo de 25 estaciones donde, por medio de un estudio batimétrico de la zona (figura 2), se identificaron manifestaciones de actividad hidrotermal. El muestreo se realizó durante la campaña oceanográfica Wag-01 (mayo 16-29, 2007) a bordo del Buque Oceanográfico "El Puma".

Para extraer los sedimentos se emplearon un nucleador de caja y una draga *Smith-McIntyre*, la profundidad de los sitios de donde éstos se obtuvieron varía entre 94 y 230m. Para evitar la alteración de la MOS en las muestras, éstas se conservaron congeladas hasta el momento de su preparación en el laboratorio para ser sometidas a la extracción de bitumen (materia orgánica soluble).

Después de descongelar y secar las muestras a temperatura ambiente se tomaron 100g de cada una para el proceso de extracción de bitumen, mediante reflujos sucesivos con disolventes orgánicos que cubrieron un amplio intervalo de polaridad. Los extractos obtenidos fueron analizados por medio de Cromatografía de Gases-Masa (CG-Ms) para determinar su composición. La identificación de compuestos específicos contenidos en los extractos, se realizó considerando varios aspectos: tiempo de retención y peso molecular, correspondencia de su espectro

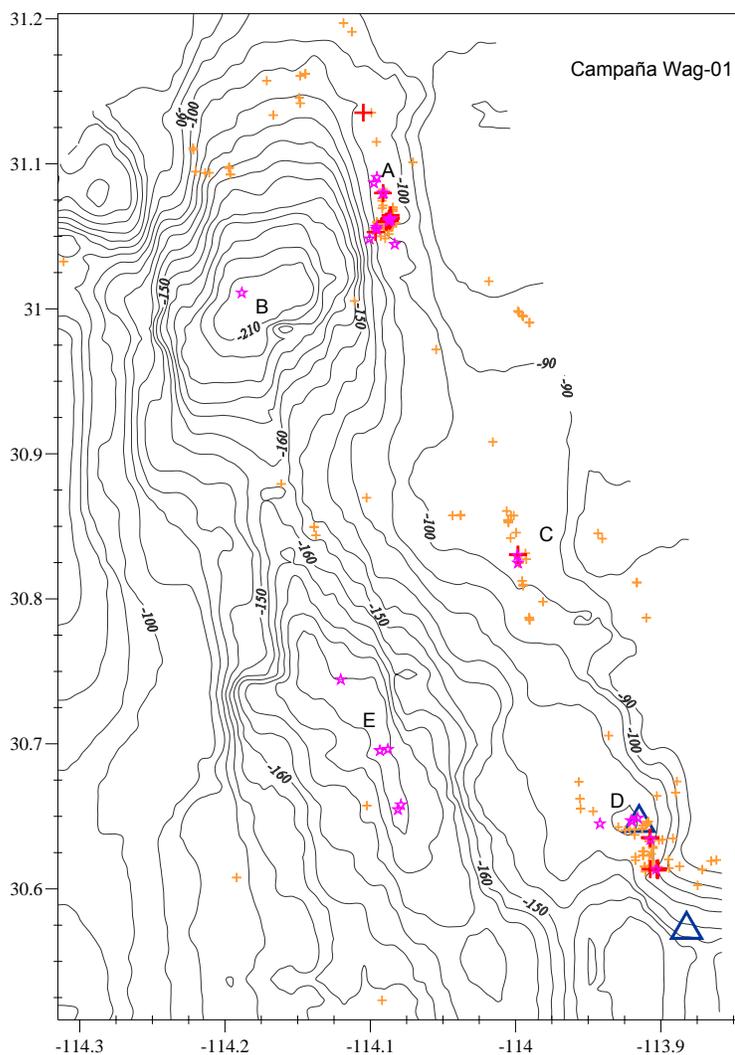


Figura 2. Mapa Batimétrico de la zona de estudio, sitios de muestreo (A, B, C, D), ubicación de muestras (II) y estructuras de interés (ventilas hidrotermales +, +; Mud Volcanoes Δ).

de masa (>90%) con los de la base de datos Wiley138, así como los patrones de elusión y de fragmentación característicos comparados con los de estándares.

### Resultados y discusión

En figura 3 se presentan ejemplos de HAP's identificados en las muestras, así como su estructura química.

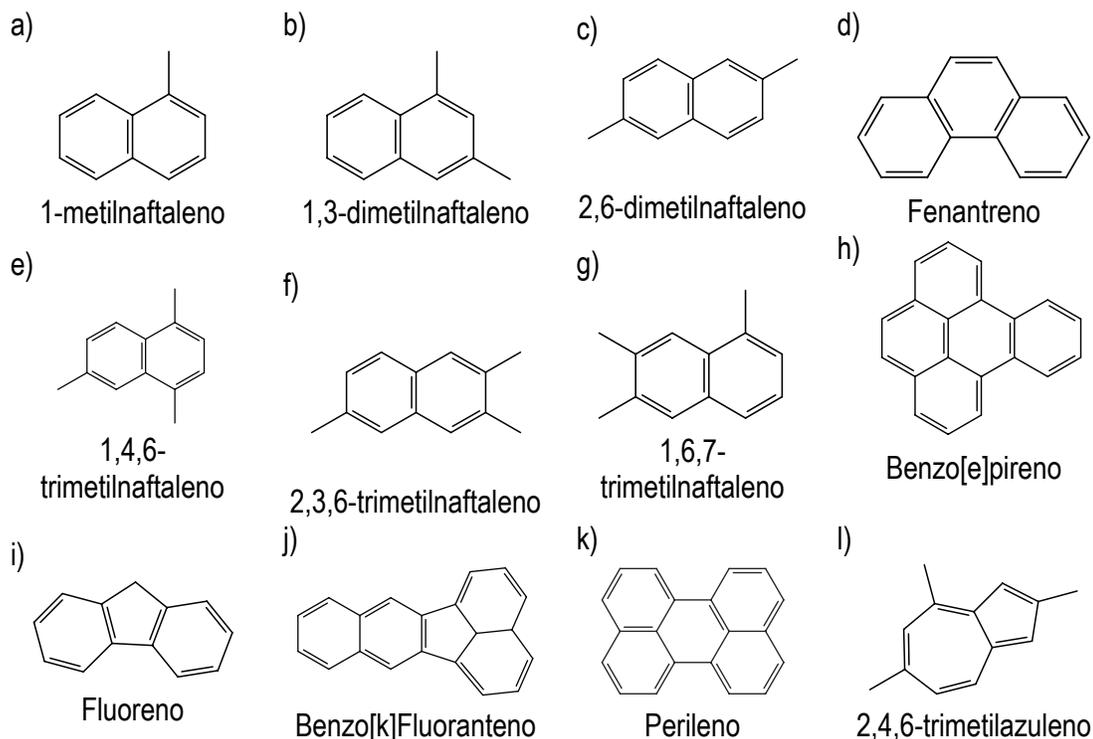


Figura 3. Estructura química de algunos HAP's identificados en las muestras.

Como primer paso para discriminar el origen de los HAP's se consideró la relación Fenantreno/Antraceno en las muestras, ésta resultó ser menor a 10, por lo que su procedencia no puede ser atribuida a actividades antropogénicas (Lavric *et al.*, 2003).

La presencia de HAP's asociada con 17 $\alpha$ (H),21 $\alpha$ (H)-Hopanos, indica que el origen de algunos de estos compuestos es petrogénico ( $T < 60^{\circ}\text{C}$ . Yunker *et al.*, 1991 y 1993).

Por otro lado, la identificación de anillos alicíclicos de cinco miembros (ej. fluorantenos. fig. 3j) sugiere un origen pirogénico (Simoneit y Lonsdale, 1982). Mientras que, de forma particular, la presencia de naftaleno, fenantreno y sus homólogos alquilados confirma el origen hidrotermal de la materia orgánica de origen marino.

Para el caso del Perileno (fig. 3k), aunque éste se considera de origen diagenético, solo se presenta en sedimentos depositados bajo condiciones disóxicas (Simoneit 1982a,b; Simoneit y Philp, 1982), características de ambientes hidrotermales. El origen biológico de este compuesto se atribuye a las diatomeas (Schfuss, *et al.*, 2001).

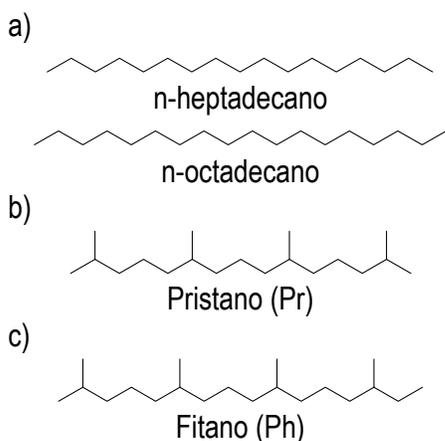


Figura 4. Ejemplos de alcanos alifáticos e isoprenoides.

El hecho de que los HAP's identificados en las muestras no presenten el mismo origen, puede deberse a que parte de la MOS acumulada en los alrededores de las ventilas haya sido removilizada, transportada y mezclada con compuestos de menor temperatura, esto como consecuencia de las emisiones de gas en las ventilas hidrotermales (Mackenzie, 1982).

Además de los HAP's se han identificado otros grupos de compuestos importantes, entre los que destacan los alcanos alifáticos ( $nC_{14}$ - $nC_{34}$ ) e isoprenoides (Pristano y Fitano) (fig. 4). La cuantificación de éstos, a partir de estándares, permitió establecer algunos parámetros que

proporcionan información acerca del origen de la MOS y su alteración como consecuencia de la actividad hidrotermal en la zona de estudio (Angeles-Cruz *et al.*, 2008).

Se identificaron también *mono*- y *di*- metilalcanos, alquenos terminales y funcionalizados (grupos cetónicos y ácidos grasos), terpanos policíclicos (hopanos, nor-hopanos, esteranos, colestenos), compuestos azufrados (ej. tioles y tiofenos) y azufre molecular ( $S_8$ ).

La presencia de alcanos metilados en sedimentos se asocia con cianobacterias en ambientes hidrotermales (ej. Dembitsky *et al.*, 2001; Kenig *et al.*, 1995; Köster *et al.*, 1999; Shiea *et al.*, 1990); mientras que los colestenos se consideran productos de alteración térmica de biomarcadores específicos (colestanos) (Whelan y Farrington, 1992).

Tanto en la Cuenca de Guaymas como en el área del presente estudio, la alteración térmica del bitumen está indicada por la presencia de hidrocarburos isoprenoides, azufre elemental y HAP's (Simoneit y Philp 1982; Simoneit *et al.*, 1984).

## Conclusiones

Todas las muestras en las que se identificó algún HAP proporcionan evidencia de alteración de la MOS por actividad hidrotermal. Tales datos asociados con un máximo en la concentración de hidrocarburos alifáticos, entre  $nC_{27}$  y  $nC_{29}$  (Angeles-Cruz *et al.*, 2008), indican que éstos fueron acumulados y/o condensados en un régimen de alta temperatura, en este caso una chimenea activa, donde la influencia de la temperatura solo actuó por un corto periodo de tiempo (Brault, *et al.*, 1988).

Aunque los HAP's identificados son de origen diverso (petrogénico, pirolítico y diagenético), la proporción Fenantreno/Antraceno permite discriminar el origen antropogénico de los mismos.

Otros compuestos identificados, tales como *mono*- y *di*- metilalcanos, alquenos terminales, compuestos azufrados, azufre molecular ( $S_8$ ) y colestenos, se asocian a un origen hidrotermal, lo que confirma que el principal origen de HAP's en las muestras del presente estudio es pirogénico.

**Referencias citadas**

- Alberty, R.A., Reif, A.K. 1988. Standard chemical thermodynamic properties of polycyclic aromatic hydrocarbons and their isomer groups. I. Benzene series. *Journal of Physical and Chemical Referentes Data*, 17: 241-253.
- Angeles-Cruz, C.A., Prol-Ledesma, R.M., Flores-Castro, K., Canet-Miquel, C., Dando, P.R., Gibson, R., Pérez-Moreno, F. 2008. Origen y distribución de hidrocarburos alifáticos en sedimentos de las Cuencas Wagner y Consag, Golfo de California, México. *Actas INAGEQ*, XVIII, p. 48-52.
- Bazylinski, D.A., Farrington, J.W., Jannasch, H.W. 1988. Hydrocarbons in surface sediments from a Guaymas Basin hydrothermal vent site. *Organic Geochemistry*, 12: 547-558.
- Brault, M., Simoneit, B.R.T., Marty, J.C., Saliot, A. 1988. Hydrocarbons in waters and particulate material from hydrothermal environments at the East Pacific Rise, 13°N. *Organic Geochemistry*, 12: 209-219.
- Dembitsky V.M., Dor I., Shkrob I., Aki M. 2001. Branched alkanes and other apolar compounds produced by the cyanobacterium *Microcoleus vaginatus* from the Negev Desert. *Russian J. Bioorg. Chem.*, 27: 110-119.
- Gieskes, J.M., Simoneit, B.R.T., Brown, T, Shaw, T, Wang, Y.C., Magenheim, A. 1988. Hydrothermal fluids and petroleum in surface sediments of Guaymas Basin, Gulf of California: a case study. *Canadian Mineralogist*, 26: 589-602.
- Kenig F., Sinninghe Damsté, J. S., Kock-van Dalen, A.C., Rijpstra, W.I.C., Huc, A.Y., de Leeuw, J.W. 1995. Occurrence and origin of mono-, di-, and trimethylalkanes in modern and Holocene cyanobacterial mats from Abu Dhabi, United Arab Emirates. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59: 2999-3015.
- Köster, J., Volkman J.K., Rullkötter, J., Scholz-Böttcher, B.M., Rethmeier, J., and Fischer, U. 1999. Mono-, di- and trimethyl-branched alkanes in cultures of the filamentous cyanobacterium *Calothrix scopulorum*. *Organic Geochemistry*, 30: 1367-1379.
- Lavric, J.V., Spangenberg, J.E., Bojan, R. 2003. Organic geochemical records of hydrothermal alteration at Idrija mercury deposit, Slovenia. *Geologija*, 46 (1): 129-134.
- Mackenzie, A.S. 1982. A hot plume remobilizes sedimentary organic matter. *Nature*, 295 (21): 187.
- Mackenzie A.S. 1984. Application of biological markers in petroleum geochemistry. *in: Advances in Petroleum Geochemistry* (eds. J. Brooks and D. H. Welte). Academic Press, 1: 115-214.
- Radke M., Horsfield, B., Littke, R., Rullkötter, J. 1997. Maturation and petroleum generation. *in: Petroleum and Basin Evolution* (eds. D.H. Welte, B. Horsfield, and D.R. Baker). Springer, Berlin, p. 169-229.
- Schfuss, E., Versteegh, G., Jansen, J. y Damsté, J. 2001. Marine and terrigenous lipids in southeast Atlantic sediments as palaeoenvironmental indicators: initial results. (eds. Wefer, G., Berger, W.H. y Ritcher, C.) *Proceedings of the Ocean Drilling Program, scientific results*. 175.
- Seewald, J.S., Seyfried, W.E., Thornton, E.C. 1990. Organic-rich sediment alteration: an experimental and theoretical study at elevated temperatures and pressures. *Applied Geochemistry*, 5 (1-2): 193-209.
- Shepard, P.L. 1950. Submarine Topography of the Gulf of California. *in: 1940 E. W. Scipps Cruise to the Gulf of California*. The Geological Society of America Memoir 43.
- Shiea J., Brassell S.C., Ward D.M. 1990. Mid-chain branched mono- and dimethyl alkanes in hot spring cyanobacterial mats: a direct biogenic source for branched alkanes in ancient sediments? *Organic Geochemistry*, 15: 223-231.
- Simoneit, B.R.T. 1982a. The composition, sources and transport of organic matter to marine sediments-the organic geochemical approach. *In: Proceedings of the Symposium on Marine*

- Chemistry into the Eighties.* (J.A.J. Thompson and W.D. Jamieson, eds.). p. 82-112, Natl. Res. Council of Canada.
- Simoneit, B.R.T. 1982b. Shipboard organic geochemistry and safety monitoring, Leg. 64, Gulf of California. *In: Initial reports of the Deep Sea Drilling Project*, 64: 723-728.
- Simoneit, B.R.T. 1985. Hydrothermal petroleum: Genesis, migration and deposition in Guaymas Basin, Gulf of California. *Canadian Journal of Earth Sciences*. 22: 1919-1929.
- Simoneit, B.R.T. 1990b. Petroleum generation—an easy and widespread process in hydrothermal systems: an overview. *in: Organic Matter in Hydrothermal Systems—Petroleum Generation, Migration and Biogeochemistry*. Simoneit, B.R.T. (Ed.). *Applied Geochemistry*, 5: 3-15.
- Simoneit, B.R.T., Lonsdale, P.F. 1982. Hydrothermal Petroleum in mineralized mounds at the seabed of Guaymas Basin. *Nature*, 295 (21): 198-202.
- Simoneit, B.R.T. and R.P. Philp. 1982. Organic geochemistry of lipids and kerogen and the effects of basalt intrusions on unconsolidated oceanic sediments: Sites 477, 478 and 481, Guaymas Basin, Gulf of California. *In: J.R. Curray, D.G. Moore, et al., eds., Initial Reports. DSDP 64: 883-904.* Washington, D.C.: U.S. Govt. Printing Office.
- Simoneit, B.R.T., Philp, R.P., Jenden, P.D., Galimov, E.M., 1984. Organic geochemistry of Deep Sea Drilling Project sediments from the Gulf of California—hydrothermal effects on unconsolidated diatom ooze. *Organic Geochemistry* 7: 173-205.
- Simoneit, B.R.T., Goodfellow, W.D., Franklin, J.M., 1992. Hydrothermal petroleum at the seafloor and organic matter alteration in sediments of Middle Valley, northern Juan de Fuca Ridge. *Applied Geochemistry*, 7: 257-264.
- Welhan, J.A., and Lupton, J.E. 1987. Light hydrocarbon gases in Guaymas Basin hydrothermal fluids: thermogenic versus abiogenic origin. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 71: 215-223.
- Whelan, J.K., Simoneit, B.R.T., Tarafa, M., 1988. C<sub>1</sub> - C<sub>8</sub> hydrocarbons in sediments from Guaymas Basin, Gulf of California—comparison to Peru Margin, Japan Trench and California Borderlands. *Organic Geochemistry*, 12: 171-194.
- Whelan, J.K., Farrington, J.W. 1992. Natural Hydrous Pyrolysis: Petroleum Generation in Submarine Hydrothermal Systems. *In: Organic Matter: Productivity, Accumulation, and Preservation in Recent and Ancient Sediments.* Columbia University Press.
- Yunker, M.B., McDonald, M.B., Fowler, B.R., Cretney, W.J., Dallmore, S.R., McLaughlin, F.A. 1991. Geochemistry and fluxes of hydrocarbons to the Beaufort Sea Shelf: A multivariate comparison of fluvial inputs and shoreline erosion of peat using principal component analysis. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55: 255-273.
- Yunker, M.B., McDonald, M.B., Cretney, W.J., Fowler, B.R., McLaughlin, F.A. 1993. Alkene, terpene and poliaromatic hydrocarbon geochemistry of the Mackenzie shelf riverine contributions to the Beaufort Sea coastal sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 57: 3041-3061.

## INTERPRETACIÓN DE BIOMARCADORES EN ROCAS EVAPORÍTICAS DE LA REGIÓN DE SAN NICOLÁS, ESTADO DE HIDALGO.

Kinardo Flores-Castro<sup>1\*</sup>, Claudia D. Pérez-Ángeles<sup>1,2</sup>, Catalina A. Angeles-Cruz<sup>3</sup>, Richard Gibson<sup>4,5</sup>, Fidel Pérez-Moreno<sup>1</sup>, Màrius Ramàrez-Cardona<sup>1</sup> y Carlos Esquivel-Macías<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra y Materiales. Laboratorio de Geoquímica. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carr. Pachuca – Tulancingo km. 4.5. Mineral de la Reforma. CP. 42184, Estado de Hidalgo.

[kinardo\\_flores@hotmail.com](mailto:kinardo_flores@hotmail.com)

<sup>2</sup> Posgrado en Ciencias de la Tierra. UNAM. Cd. Universitaria. CP. 04510. México, D.F.

<sup>3</sup> Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Cd. Universitaria. CP. 04510. México, D.F.

<sup>4</sup> Instituto de Geografía, UNAM. Cd. Universitaria. CP. 04510. México, D.F.

<sup>5</sup> Agri – Food and Biosciences Institute. Queen's University Belfast BT4 3SD. Northern Ireland, UK.

<sup>6</sup> Centro de Investigaciones Biológicas. Laboratorio de Paleontología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carr. Pachuca – Tulancingo km. 4.5. Mineral de la Reforma. CP. 42184, Estado de Hidalgo.

### Introducción

La aplicación de técnicas de geoquímica orgánica hacia el estudio de la materia orgánica sedimentaria (MOS) depositada en los distintos ambientes sedimentarios ha resultado ser una herramienta útil para identificar condiciones fisicoquímicas y biológicas prevalecientes en rocas y sedimentos, tanto recientes como antiguos (Peters *et al.*, 1993), independientemente de la valiosa información que aportan la petrología, la geoquímica inorgánica, sedimentología, estratigrafía y paleontología.

Los marcadores biológicos, también llamados “biomarcadores” o “moléculas fósiles”, son compuestos orgánicos procedentes de plantas, bacterias, hongos y animales, depositados en un lecho marino, marino-marginal o continental y que fueron preservados debido a condiciones específicas del ambiente sedimentario en cuestión (Eglinton *et al.*, 1964; Eglinton y Calvin, 1967). Los ambientes anóxicos, disóxicos y euxínicos, así como una rápida sedimentación, favorecen su acumulación y preservación. Los biomarcadores se utilizan como indicadores de fuentes biológicas, condiciones del depósito, variaciones climáticas, caracterización de rocas madre productoras de hidrocarburos, así como para identificar procesos de migración, grado de madurez (Farrimond y Eglinton, 1990), etc.

Algunas de estas técnicas se aplicaron a rocas evaporíticas constituyentes de un banco de yeso localizado cerca del poblado de San Nicolás, perteneciente al municipio de Jacala de Ledesma al noroeste del Estado de Hidalgo, México. (Fig. 1). El objetivo de esta investigación es establecer la composición química de la MOS, identificando biomarcadores y otros compuestos específicos que proporcionen nuevos datos sobre las condiciones fisicoquímicas y actividad biológica de esa cuenca.

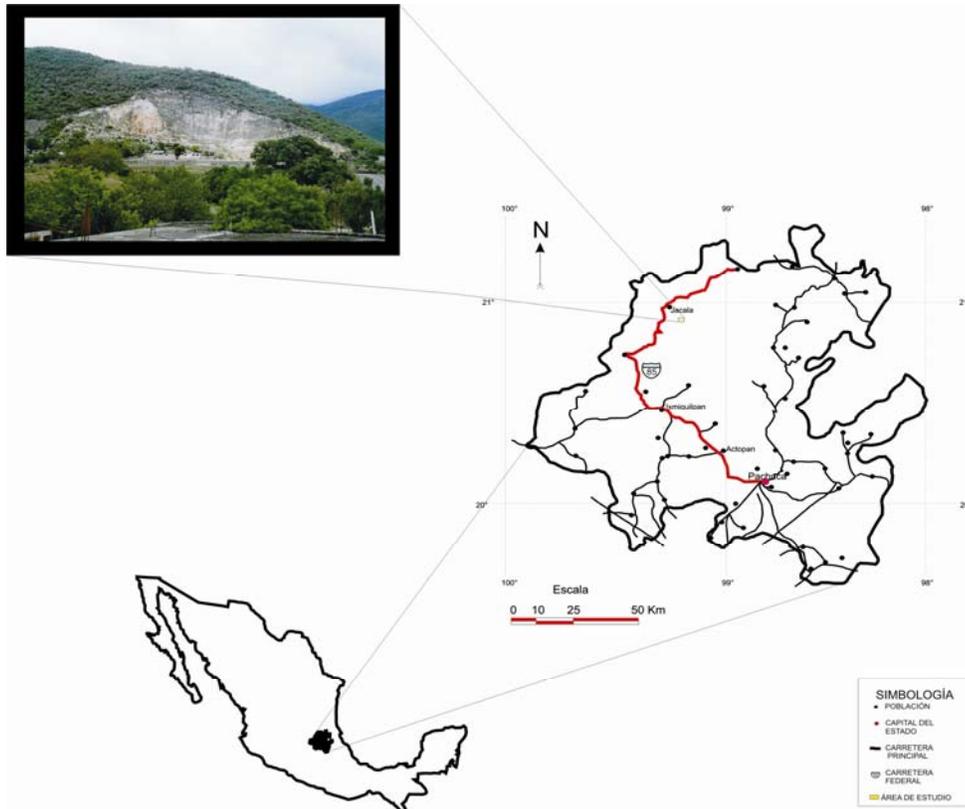


Fig. 1. Mapa de localización del área de estudio

**Geología**

El entorno geológico del área de estudio se caracteriza por secuencias marinas mesozoicas levantadas como consecuencia de la Orogenia Laramide, que forman parte de la Plataforma Valles-San Luis Potosí (PVSLP) descrita por Carrillo-Bravo (1971) en la Sierra Madre Oriental. Afloran en la localidad las formaciones El Abra (Muir, 1936; Pedrazzini, 1979) y la facies de laguna costera que Carrillo-Bravo (1971) denominó como Formación Guaxcamá (Neocomiano–Aptiano), objeto de este estudio.

Sobreyaciendo concordantemente a las formaciones El Abra y Guaxcamá se encuentra la Formación Soyatal (Turoniano-Campaniano) definida por Wilson (1955). Se observan intrusiones graníticas terciarias que metamorfizan y metasomatizan las secuencias mesozoicas, formando aureolas y cuerpos de reemplazamiento en calizas de morfología irregular con mineralización asociada, metálica (Fe-Cu-Au-Ag-Te-Bi) y no metálica (mármol y wollastonita) de interés económico (Flores-Castro, 2003 y 2006).



Fig. 2. Detalle del banco de yeso.

Hacia la base de la columna se observan estratos gruesos de yeso de alta pureza con intercalaciones de caliza yesífera, que cambian paulatinamente de la parte media a la cima, a caliza dolomitizada con clásticos e importante disminución en el contenido de sulfato, evidenciada litológica y geoquímicamente (Flores-Castro *et al.*, 2008; Pérez-Ángeles, 2009). Los taludes dejados por la inadecuada explotación del mineral industrial permitieron medir dos columnas litológicas (19 y 24m) en el yacimiento y realizar la toma de 18 muestras representativas de cada uno de los horizontes (Fig. 2).

### Metodología

Las muestras colectadas se identificaron y embalaron para posteriormente ser sometidas a molienda y pulverizado a malla 100 en el laboratorio. Se pesaron 100g de cada una para ser sometidas al proceso de extracción de materia orgánica soluble (bitumen), empleando disolventes orgánicos de grado HPLC, que abarcan un amplio intervalo de polaridad (hexano, acetato de etilo y metanol). El experimento se puso en marcha con el montaje de sistemas de reflujo sucesivo por espacio de 50 horas en un equipo recirculador termoregulado (Figs. 3 y 4). Los extractos obtenidos se caracterizaron por medio de Cromatografía de Gases – Masa (CG-Ms) en el Instituto de Ingeniería, UNAM, en el equipo marca *Hewlett – Packard Agilent* modelo 5973 con sistema de inyección 7683B acoplado al espectrómetro de masa 6890N.



Fig. 3. Montaje del sistema a reflujo con recirculador termostatado y rotapor.



Fig. 4. Detalle del proceso de extracción de la MOS.

### RESULTADOS

Los cromatogramas obtenidos de cada una de las muestras permitieron identificar los siguientes compuestos:

Alcanos lineales ( $n\text{-C}_{12}$  a  $n\text{-C}_{32}$ ); cicloalcanos (ciclododecano, ciclotetradecano, ciclohexadecano, ciclooctacosano, cicloeicosano, ciclotriacotano); compuestos aromáticos policíclicos –HAP's– (fenantreno, antraceno, naftaleno y azuleno); isoprenoides: Pristano (Fig. 4); Fitano (Fig. 5), Escualeno (Fig. 6) y azufre molecular ( $\text{S}_8$ ). La Fig. 7 ilustra un ejemplo del cromatograma de gases del extracto hexánico de muestra SN-10 donde se observan algunos de los compuestos identificados.

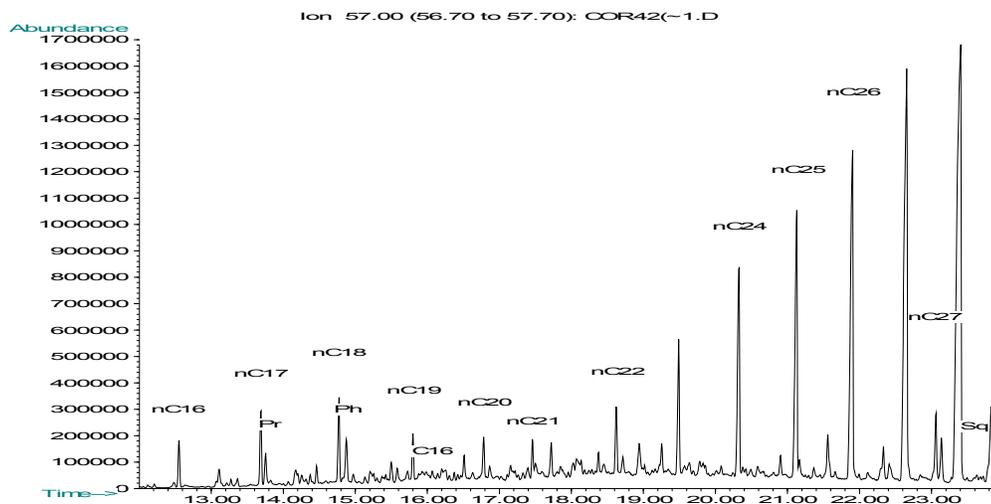


Fig. 7. Cromatograma de la muestra SN-10 (extracto hexánico).

### Discusión

La presencia de estos compuestos en las muestras permite hacer las siguientes inferencias:

**Alcanos lineales:** Los alcanos lineales  $n\text{-C}_{17}$  y  $n\text{-C}_{19}$  indican la presencia de algas en los sedimentos y por ende, su relación con depósitos lagunares y/o marino-marginales (Gelpi *et al.*, 1970; Tissot y Welte, 1984). Específicamente el  $n\text{-C}_{23}$  está relacionado con algas no marinas pertenecientes a ambientes lagunares (Gelpi *et al.*, 1970, Moldowan *et al.*, 1985), mientras que el  $n\text{-C}_{27}$  es indicativo de aporte de plantas superiores de origen continental a la cuenca de depósito (Tissot y Welte, 1984).

**Cicloalcanos:** Audino *et al.*, (2001) reporta que los macrociclos del tipo  $\text{C}_{15}\text{H}_{30}$  a  $\text{C}_{30}\text{H}_{60}$  están íntimamente relacionados con algas de ambientes lacustres y/o lagunares y Müürisepp *et al.*, (1994) menciona que los cicloalcanos  $\text{C}_{12}\text{H}_{24}$  a  $\text{C}_{14}\text{H}_{28}$  tienen correlación con condiciones de alta temperatura. Argumento consistente por la cercanía del intrusivo al banco y la evidencia de recristalización del yeso - carbonatos y la presencia de vetas hidrotermales.

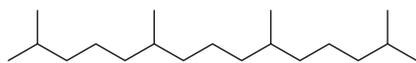


Fig. 4. Estructura del Pristano (Pr)

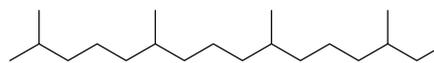


Fig. 5. Estructura del Fitano (Ph)

**Isoprenoides:** El Pristano (Pr) y el Fitano (Ph) provienen de la transformación aerobia y anaerobia (respectivamente) del fitilo (cadena lateral de la clorofila). La proporción que guarda la concentración entre estos isoprenoides se ha utilizado como indicador de ambientes de depósito y de discriminación entre condiciones de oxidación-reducción de los sedimentos en contacto con la columna de agua ( $\text{Pr/Ph} > 1 \rightarrow$  condiciones óxicas;  $\text{Pr/Ph} < 1 \rightarrow$  anóxicas;  $\text{Pr/Ph} > 3 \rightarrow$  aporte de MOS de origen terrígeno;  $\text{Pr/Ph} < 0.8 \rightarrow$  hipersalinidad y ambientes carbonatados), así como de procedencia y maduración térmica (Powell y Mckirdy, 1973; Lijmbach, 1975; Didyk, 1978; Alexander, 1981).

El Escualeno (Sq) es un lípido importante producido por bacterias (*archaea*) metanogénicas, halofílicas y termoacidofílicas entre ellas la *Botryococcus braunii* (Tornabene *et al.*, 1979). Matsumoto y Watanuki (1990) y Colombo *et al.* (1996, 1997) demostraron que el Sq está relacionado con la preservación de la MOS de origen terrígeno y también como biomarcador de ambientes

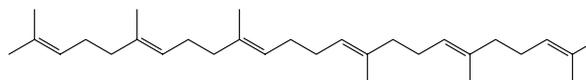


Fig. 6. Estructura del Escualeno (Sq)

hipersalinos y carbonatados (Ten Haven *et al.*, 1988).

Compuestos Aromáticos Policíclicos (HAP's): Los HAP's (fenantreno, antraceno, naftaleno y azuleno) identificados en las muestras tienen relación con regímenes de alta temperatura en sistemas hidrotermales (Simoneit, 1984a; Kawka y Simoneit, 1990; Kvenvolden y Simoneit, 1990). Argumento que de igual manera apunta hacia la madurez térmica de la MOS provocada por actividad hidrotermal asociada a la intrusión ígnea.

Azufre molecular (S<sub>8</sub>): En ambientes sedimentarios se presenta por descomposición del yeso o de la anhidrita; o bien, por la asociación de sulfuros metálicos por la oxidación de éstos (Shippers, 2004). El azufre es característico de ambientes evaporíticos y anóxicos distinguiéndose por una alta actividad bacteriana sulforeductora, que transforma el sulfato en sulfuro y a su vez se reduce a azufre nativo (Amend *et al.*, 2004; Jørgensen y Nelson, 2004). Otra fuente posible es por sublimación del azufre en sistemas hidrotermales (Warren, 2006) y en el caso del presente estudio pudiera tener efecto durante el emplazamiento del intrusivo, posterior al depósito evaporítico. La presencia de cristales de azufre en el banco de yeso aparece asociado a fracturas y a planos de estratificación.

### Conclusiones

Los alcanos alifáticos identificados en las muestras indican la presencia de algas de ambientes de agua dulce y salada, propias de ambientes transicionales, así como el aporte de plantas superiores a la cuenca de depósito. Los isoprenoides Pr y Ph, permiten inferir que las condiciones iniciales de la cuenca de depósito correspondieron a un ambiente marino marginal (laguna costera), sometido a intensa evaporación y circulación restringida a nula con características anóxicas, hipersalinas y carbonatadas (Pr/Ph < 0.8), situación que se mantuvo hasta aproximadamente la parte media de la columna.

Posteriormente y hacia la parte media de la columna se verifican cambios en la sedimentación, litología y de la misma forma la proporción Pr/Ph cambia paulatinamente, situación que refleja condiciones alternantes tanto oxidantes como disóxicas y anóxicas, acompañadas por una mayor contribución terrígena y que posiblemente obedezcan a fluctuaciones mareales o del nivel del mar. Hacia la parte superior de la columna se identifican condiciones más marinas, precipitando carbonatos con aporte de clásticos. Este argumento es coherente con la interpretación de los datos que la geoquímica inorgánica aportó para Sr/Rb y la distribución del SO<sub>4</sub> y SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en la columnas litológicas medidas (Flores-Castro *et al.*, 2008). El Sq confirma la hipersalinidad y afinidad carbonatada con actividad de bacterias sulforeductoras y halófilas. Los macrociclos identificados confirman la presencia de algas C<sub>15</sub>H<sub>30</sub> a C<sub>30</sub>H<sub>60</sub> (Audino *et al.* 2001), así como de la alteración térmica de los sedimentos C<sub>12</sub>H<sub>24</sub> a C<sub>14</sub>H<sub>28</sub> (Müürisepp *et al.*, 1994), lo mismo que los HAP's (Simoneit, 1984a; Kawka y Simoneit, 1990; Kvenvolden y Simoneit, 1990).

### Referencias citadas

- Alexander, R., Kagi, R. and Woodhouse, G.W., 1981. Geochemical correlation of Windalia oil and extracts of Winning Group (Cretaceous) potential source rocks, Barrow subbasin, Western Australia. American Association of Petroleum Geologists Bulletin. v. 65, n. 2, p. 235-250.
- Amend, J.P., Rogers, K.L., Meyer-Dombard, D.R. 2004). Microbially mediated sulfur-redox: energetics in marine hydrothermal vent systems. In: *Sulfur Biogeochemistry-Past and Present*, Geological Society of America Special Paper 379 (J.P. Amend *et al.*, eds.), GSA Press, p. 17-34.
- Audino, M., Grice, K., Alexander, R., Boreham, C.J. and Kaki, R.I. 2001. Origin of the macrocyclic alkanes in sediments and crude oils from the algaenan of *Botryococcus braunii*. *Geochemical and Cosmochemical Acta*. v. 65, p. 1995-2006.

- Carrillo-Bravo, J. 1971. La Plataforma Valles-San Luis Potosí. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. v. 23, n. 1-6, 109 p.
- Colombo, J.C., Silverberg, N., and Gearing, J.N. 1996. Lipid biogeochemistry in the Laurentian trough. I-fatty acids, sterols and aliphatic hydrocarbons in rapidly setting particles. *Organic Geochemistry*. v. 25, p. 211-225.
- Colombo, J.C., Silverberg, N., and Gearing, J.N. 1997. Lipid biogeochemistry in the Laurentian trough. II-changes in composition of fatty acids, sterols and aliphatic hydrocarbons during early diagenesis. *Organic Geochemistry*. v. 26, p. 257-274.
- Didyk, B.M., Simoneit, B.R.T., Brassell, S.C. and Eglinton, G., 1978. Organic geochemical indicators of palaeoenvironmental conditions of sedimentation. *Nature*. v. 272, p. 216-222.
- Farrimond, P. and Eglinton, G. 1990. The record organic components and the nature of source rocks. *Palaeobiology: a synthesis*. Briggs D. and Crowther, P. eds. Blackwell. p. 217-222.
- Eglinton, G., Scott, P.M., Belsky T., Burlingame A. L., and Calvin M. 1964. Hydrocarbons of a biological origin from a one-billion-year-old sediment. *Science*. v. 145, p. 263-264.
- Eglinton, G. and Calvin M. 1967. Chemical fossils. *Sci. Am.* v. 261, p. 32-43.
- Eglinton, G., Hamilton, R.J. 1967. Leaf epicuticular waxes. *Science*, v. 156 (3780), 1322-1335.
- Flores-Castro, K., Vaquer-Navarro, R., Ortiz-Hernández, L.E., Esquivel-Macías, C., Ramírez Cardona, M., Acevedo-Sandoval, O.A. and Canet-Miquel, C. 2003. Petrologic and Geochemical constraints from La Encarnacion granitoids, Hidalgo state (Mexico). *The Geological Society of America, Abstracts with Programs*. v. 35, n. 4, p. 19.
- Flores-Castro, K., Ramírez-Cardona, M., Ortiz-Hernández, L.E., Canet-Miquel, C., Priyadarsi D. Roy., Cadena Zamudio, J.L. 2006. Paragénesis de minerales de Te-Ag-Bi-Au en la mina Nuevo Encino Prieto, Jacala de Ledezma, Hidalgo, México. *Boletín de Mineralogía*, v. 17, n. 1, p. 3-9.
- Flores-Castro, K., Pérez-Ángeles, C.D., Priyadarsi D. Roy, Angeles-Cruz, C.A., Pérez-Moreno, F., Gibson, R., J.S. Armstrong-Altrin, Lozano-Santacruz, R. 2008. Geología y Geoquímica del depósito evaporítico de San Nicolás en el Estado de Hidalgo (México). *Actas INAGEQ*. v. XVIII, p. 58-59.
- Gelpi, V., Schneider, H., Mann, J. y Oró, J., 1970. Hydrocarbons of geochemical significance in microscopic algae. *Phytochemistry*, v. 9, p. 603-612.
- Jørgensen, B.B. and Nelson, D.C. 2004. Sulfide oxidation in marine sediments: geochemistry meets microbiology. *In: Sulfur Biogeochemistry-Past and Present*, Geological Society of America Special Paper 379 (J.P. Amend *et al.*, eds.), GSA Press, p. 63-81.
- Kawka, O.E. and Simoneit, B.R.T. 1990. Polycyclic aromatic hydrocarbons in hydrothermal petroleum from the Guaymas Basin spreading center. In B. R. T. Simoneit, ed., *Organic Matter Alteration in Hydrothermal Systems-Petroleum Generation, Migration and Biogeochemistry*. *Applied Geochem.* v. 5, p. 17-27.
- Kvenvolden, K.A. and Simoneit, B.R.T. 1990. Hydrothermally derived petroleum: examples from Guaymas Basin, Gulf of California and Escanaba Trough, Northeast Pacific Ocean. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*. v. 74, p. 223-237.
- Lijmbach, G.M.G. 1975. On the origin of petroleum. *Proceedings of Ninth World Petroleum Congress*. London: Applied Science Publishers, v. 2, p. 357-369.
- Matsumoto, G.I. and Watanuki, K. 1990. Geochemical features of hydrocarbons and fatty acids in sediments of the inland hydrothermal environments of Japan. *Organic Geochemistry*. v. 15, p. 199-208.
- Moldowan, J.M., Dahl, J., McCaffrey, M.A., Smith, W.J. and Fetzer, J.C. 1985. The application of biological marker technology to bioremediation of refinery by products: *Energy & Fuels*, v. 9, p. 155-162.

- Muir, J.M. 1936. Geology of the Tampico region, Mexico. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, Special Volume, 180 p.
- Müürisepp, A.M., Urov, K., Liiv, M., Sumberg, A. 1994. A comparative study of non-aromatic hydrocarbons from Kukersite and Dictyonema Shale semicooking oils. Oil Shale. v. 11, p. 211-216.
- Pedrazzini, C. 1979. Estudio de la Formación El Abra en la plataforma calcárea de Tuxpan-Tecolutla. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, 147 p.
- Peters, K. E. and Moldowan, J.M., 1993. The Biomarkers Guide, v. 1. Prentice Hall. New Jersey. 363 p.
- Pérez-Ángeles, C.D. 2009. Geología y Geoquímica del yacimiento evaporítico de San Nicolás, Jacala de Ledesma, Estado de Hidalgo (México): Implicaciones fisicoquímicas y petrogenéticas. Tesis Profesional. Licenciatura en Ingeniería en Geología Ambiental. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 101 p.
- Powell, T.G. and Mckirdy, D.M. 1973. Relationship between ratio of Pristane to Phytane, crude oil composition and geological environment in Australia. Nature. v. 243, p. 37-39.
- Schipper, A. 2004. Biogeochemistry of metal sulfide oxidation in mining environments, sediments, and soils. In: *Sulfur Biogeochemistry-Past and Present*, Geological Society of America Special Paper 379 (J.P. Amend *et al.*, eds.), GSA Press, p. 49-62.
- Simoneit, B. R. T. 1984a. Hydrothermal effects on organic matter-high versus low temperature components. In *Advances in Organic Geochemistry 1983*. Organic Geochemistry v. 6, p. 857-864.
- Ten Haven, H.L., de Leeuw, J.W., Sinninghe Damsté, J.S., Schenck, P.A., Palmer, S.E., and Zumberge, J.E. 1988. Application of biological markers in the recognition of palaeohypersaline environments. In: *Lacustrine Petroleum Source Rocks* (A.J. Fleet, K. Kelts, and M. R. Talbot, eds.) Geological Society Special Publication No. 40, p. 123-130.
- Tissot, B. P. and Welte, D. H., 1984. Petroleum Formation and Occurrence. Springer-Verlag, New York.
- Tornabene, T.G., Langworth, T.A., Holzer, G. and Oró, J. 1979. Squalenes, phytanes, and other isoprenoids as major neutral lipids of methanogenic and thermoacidophilic "*archaeobacteria*". Journal of Molecular Evolution, 13, 73-83.
- Warren, J.K. 2006. Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons. Springer. 1035 p.
- Wilson, B.W., Hernández, J.P. & Meave T.E. 1955. Un banco calizo del Cretácico de la parte oriental del Edo. de Querétaro. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. v.18, p.1-10.

## DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS COMPONENTES BIOGÉNICOS EN EL MARGEN SUROCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Alberto Sánchez<sup>1,\*</sup>; Sergio Aguiñiga<sup>1</sup>; Blanca E. López Ortiz<sup>1,2</sup>; Jaime Camalich<sup>1,2</sup>; Laura A. Rodríguez Juárez<sup>1,2</sup>; Lilia I. Sánchez Vargas<sup>1,2</sup>; J. Armando Guadarrama Romero<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional, Apartado postal 592, La Paz, Baja California.

<sup>\*</sup>[alsanchezg13@ipn.mx](mailto:alsanchezg13@ipn.mx); [alsanchezg13@gmail.com](mailto:alsanchezg13@gmail.com)

<sup>2</sup>Becario PIFI

La bomba biológica en el océano juega un papel clave en el ciclo global del carbono. Una parte del carbono es exportado y preservado en el margen continental, región del océano que soporta del 10 al 15% de la producción de la clorofila de todos los océanos con una contribución >40% del carbono orgánico exportado al piso oceánico. Los componentes biogénicos (carbono, nitrógeno y fósforo orgánico, carbonato de calcio y ópalo biogénico) depositados y preservados en el sedimento han sido utilizados para reconstruir la productividad exportada en áreas de intensa actividad biológica, así como las fluctuaciones de la zona de oxígeno mínimo, debido a una disminución/incremento del flujo de materia orgánica. No obstante, la importancia de las zonas de oxígeno mínimo como sitios de acumulación (secuestro) de componentes biogénicos a nivel mundial, poco se conoce sobre la distribución espacial de estos componentes en su frontera superior (región de máximo dinamismo). En el presente trabajo se presenta la distribución espacial de componentes biogénicos frente al complejo lagunar de Bahía Magdalena-Almejas, uno de los centros de actividad biológica más importantes del sector sur de la Corriente de California. Para ello se realizó una colecta de sedimentos a lo largo de tres transectos cubriendo un total de 15 estaciones. Los resultados parciales de la distribución espacial de los componentes biogénicos (carbono, nitrógeno y fosforo orgánico, ópalo biogénico y carbonato de calcio) sugieren una mejor preservación de estos componentes hacia la zona sur del área de estudio, donde la zona de oxígeno mínimo es más intensa y menos profunda con respecto de la zona central y norte del área.

## “DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE BUTIL- Y FENIL ESTAÑADOS EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO”

Sánchez-Osorio, José Luis<sup>1</sup>; Macias-Zamora, José Vinicio y Ramírez-Álvarez, Nancy.

*Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, Ensenada, B.C., México. <sup>1</sup>[jluisso@yahoo.com](mailto:jluisso@yahoo.com)*

Se colectaron muestras de sedimento superficiales en la Bahía de Todos Santos, Ensenada, B.C., Méx., con el objetivo de determinar la contaminación por compuestos butil y fenil estañados, mediante la identificación y cuantificación de sus concentraciones, y la determinación de sus distribuciones a fin de poder evaluar las posibles fuentes de contaminación. Los muestreos fueron realizados en diciembre del 2003 y enero del 2004, cubriendo el área interior de la bahía y las áreas interiores de la marina y puertos localizados en el área de estudio. El análisis de los compuestos se realizó mediante su derivatización con tetraetil borato de sodio, y su determinación analítica se realizó por cromatografía de gases con detección por espectroscopia de masas. Los límites de detección para las especies químicas analizadas estuvieron en el intervalo de 0.09 a 0.23 ng-Sn/g de peso seco, en base a una muestra de 30 g, con un porcentaje de recuperación promedio en las muestras de  $83 \pm 37$  %. Las especies fenil estañadas, estuvieron por debajo del límite de detección en toda el área de estudio. Las concentraciones promedio del TBT, DBT y MBT para toda la bahía fueron de  $0.67 \pm 1.10$ ,  $5.68 \pm 5.17$  y  $4.9 \pm 10.07$  ng-Sn/g respectivamente. Los niveles de concentraciones de los butil estañados en las muestras del interior de la marina y puertos, fueron mayores en un orden de

magnitud a aquellos presentados por las muestras del interior de la bahía. Las máximas concentraciones de TBT (41.99 y 35.02 ng-Sn/g) se presentaron en los puertos de Ensenada y de El Sauzal de Rodríguez, en el área adyacente a los astilleros y muelles respectivamente, lo que sugiere a la pintura de los barcos como la principal fuente de contaminación de estos compuestos a través de la lixiviación en la matriz de pintura. En la bahía, el patrón de distribución del TBT presentó un gradiente de norte a sur, presentando mayores concentraciones en la región norte, zona donde ocurre la mayor parte del tráfico de las embarcaciones. La correlación significativa entre el TBT y los parámetros de tamaño de grano y contenido de carbono orgánico, sugieren que la distribución de ésta especie está influenciada por el patrón de circulación de corrientes en el área de estudio. La baja correlación del DBT y MBT con la fracción <math><63 \mu\text{m}</math> y con el contenido de carbono orgánico, en las muestras de la bahía, sugieren un patrón de distribución más complejo. También, las bajas correlaciones entre el TBT y las especies DBT y MBT, sugieren la existencia de otras fuentes de contaminación para éstas últimas. Para el DBT y MBT, las máximas concentraciones se presentaron en la región sur y central de la bahía, principalmente sobre la región aledaña al cañón submarino. Dichas concentraciones fueron atribuidas a las estructuras de PVC utilizadas en los maricultivos de atún y moluscos bivalvos que ahí se desarrollan, y al vertimiento de material de dragado procedente del puerto de Ensenada, sugiriéndose a este último como el principal factor responsable de la distribución de ambas especies, las cuales pueden haberse generado por la degradación del TBT en la columna de agua.

Finalmente, comparando resultados de concentración obtenidos en el área de estudio, con valores de referencia establecidos en guías de calidad ambiental de los sedimentos, establecidas por otros países en donde se encuentra regulado el uso de estos compuestos, se obtiene que la calidad de los sedimentos en los sitios muestreados, se encuentra en una clasificación de regulares, para las muestras del interior de la bahía, y de pobres a malos para las muestras del interior de los puertos. Así también, comparado con el valor objetivo de calidad ambiental (EQT) para el sedimento, se obtiene que los sedimentos en el interior de los puertos, presentan un alto grado de contaminación por TBT, mientras que los sedimentos al interior de la bahía presentan un grado de contaminación moderado.

### **RECONSTRUCCIÓN DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO: EVIDENCIAS GEOQUÍMICAS EN CORALES**

Constanza Ricaurte Villota<sup>1</sup>, José D. Carriquiry Beltrán<sup>1</sup>, Julio Alberto Villaescusa Celaya<sup>1</sup> y Guillermo Horta Puga<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Grupo de Geociencias Ambientales, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California ([sasyricaurte@yahoo.com](mailto:sasyricaurte@yahoo.com), [jose\\_carriquiry@uabc.mx](mailto:jose_carriquiry@uabc.mx), [jvilla@uabc.mx](mailto:jvilla@uabc.mx)).  
Km 103 Carretera Tijuana – Ensenada, C.P. 22830, Ensenada, Baja California, México*

*<sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, Estado de México, México ([horta@servidor.unam.mx](mailto:horta@servidor.unam.mx)).*

Las condiciones climáticas del Golfo de México (GdM) se encuentran fuertemente influenciadas por la circulación atmosférica extratropical de gran escala, como son la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), el patrón Pacífico/Norte América (PNA) y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO). Aunque los registros de corales han sido ampliamente usados para el estudio de eventos climáticos tropicales como El Niño y la Oscilación del Sur (ENSO), a la fecha poco se conoce sobre la influencia de ENSO y estos fenómenos extratropicales sobre la zona sur del GdM. En este trabajo se presenta el primer

registro largo (160 años), de alta resolución, del paleotermómetro de Sr/Ca coralino como trazador de la temperatura superficial del mar (TSM), mostrando su alta fidelidad a pesar de la dinámica y alta turbidez que presenta la zona de estudio. El análisis de las anomalías de la razón Sr/Ca de *Montastraea faveolata* del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), muestra que estas responden en la escala interanual al forzamiento del ENSO y en la escala decadal – interdecadal a los cambios atmosféricos generados por la PDO, PNA y NAO. Las anomalías de Sr/Ca muestran una respuesta positiva de la TSM con estos forzamientos a largo plazo. El paleotermómetro coralino de Sr/Ca del SAV, revela una respuesta inversa de la TSM al patrón PNA registrado en corales del norte del Golfo de México, lo que sugiere que el GdM está dividido en dos regiones con características oceanográficas y climáticas diferentes.

### **DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CARBONO ORGÁNICO, NITRÓGENO TOTAL Y DIAGÉNESIS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE CUYUTLÁN COLIMA.**

Orozco-Durán, A.<sup>2\*</sup>; Olivos-Ortiz, A.<sup>1</sup>; Meyer Willerer, A.<sup>1</sup> y González-Chavarín, I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas. <sup>2</sup> Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima. Carr. Manzanillo-Barra de Navidad Km. 20, Col. El Naranjo. C.P. 28860, Manzanillo, Colima, México. \*Dirección actual: Estudiante de Posgrado en Oceanografía Costera, Facultad de Ciencias Marinas/Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California. Km 106 carr. Tijuana Ensenada. C.P. 22800. Ensenada, Baja California, México. [eloceanologo@gmail.com](mailto:eloceanologo@gmail.com)

En la Laguna de Cuyutlán, Colima, se extrajeron 10 núcleos sedimentarios en febrero de 2007. Cada núcleo fue seccionado de la superficie hacia el fondo y a cada segmento se le cuantificó la concentración de carbono orgánico (C-org) y nitrógeno total (N-tot) como indicadores de la presencia de procesos diagenéticos. En toda el área de estudio la textura se caracterizó por estar compuesta principalmente por Limos y Arcillas, sin embargo cinco testigos presentaron una textura más heterogénea. Las muestras limo-arcillosas presentaron mayores concentraciones de C-org y N-tot que aquellas más arenosas. En cuanto a la distribución vertical del C-org y del N-tot en cinco estaciones su concentración fue relativamente homogénea, en el resto presentó disminuciones del tipo exponencial característico de procesos de degradación diagenética. Los mayores valores se encontraron cerca de la zona urbana de Manzanillo y de la zona de las Salinas donde las actividades antropogénicas son mayores. La aplicación de un modelo de diagénesis de primer orden a estaciones con distribuciones verticales exponenciales de C-org y N-tot, permitió inferir que el C-org se degrada más lentamente que el N-tot, obteniéndose porcentajes de remineralización entre 52.5 y 78.6 %, y 41.4 y 76.8 % para el C-org y N-tot y de acumulación entre 20.1 y 47.4 %, y 23.1 y 58.5%, respectivamente.

### **ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DEL GOLFO DE CALIFORNIA DURANTE EL HOLOCENO, MEDIANTE ÓPALO BIOGÉNICO EN SEDIMENTOS**

Karla Mejía-Piña<sup>1</sup> y Oscar González-Yajimovich<sup>2</sup>

Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Km 106 carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C. México, 22800. <sup>1</sup>[Katgapi\\_16@hotmail.com](mailto:Katgapi_16@hotmail.com), <sup>2</sup>[yajimo@uabc.mx](mailto:yajimo@uabc.mx)

Aproximadamente tres cuartas partes de la población mundial habita en una región tropical, por lo que sus cambios climáticos tienen un impacto social considerable. Los registros climáticos, se consideran una herramienta esencial para modelar la sensibilidad de los trópicos a los cambios del futuro, desafortunadamente los registros instrumentales son limitados, por lo cual se requiere buscar alternativas; los depósitos sedimentarios nos proveen de una de estas. El Golfo de California

proporciona una excelente localidad para estudiar la variabilidad oceanográfica y climática subtropical gracias a que sus condiciones físicas potencian una alta productividad primaria, en sus márgenes se encuentran cuencas ideales para la acumulación de sedimento y presenta regiones donde la zona de mínimo oxígeno intercepta a los depósitos propiciando una excelente preservación.

Con el propósito de valorar la variación en la productividad primaria a través del Holoceno, se llevó a cabo el análisis del contenido de ópalo biogénico en dos núcleos tipo múltiple y de gravedad. Los núcleos fueron obtenidos sobre la pendiente Este de la cuenca Pescadero, localizada en la región Sur del Golfo de California durante el crucero CALMEX-NH01 a bordo del B/O New Horizon. La serie de datos obtenida fue fechada mediante correlación y abarca de 6,644 años. La serie de ópalo fue sometida a un análisis Wavelet para identificar ciclos en la productividad primaria y así poder discernir sobre el mecanismo mediante el cual ocurre la variabilidad. Los valores obtenidos en el análisis del ópalo biogénico, presentan un mínimo de 7.43% y un máximo de 15.14%, con un promedio de 11.41%. El análisis espectral del registro de la Tasa de Acumulación de Masa de ópalo biogénico arrojó ciclos con periodicidades de 145, 188, 300, 1060, 1160, 6566 y 13133 años. Se infiere que la variabilidad responde principalmente a variaciones en la insolación.

#### **FACTOR DE ENRIQUECIMIENTO DE MOLIBDENO: ¿NUEVO PROXY DE PALEOSALINIDAD?**

Valdivieso-Ojeda, Jacob Alberto<sup>1\*</sup> y Huerta-Díaz, Miguel Angel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, Posgrado en Oceanografía Costera

Facultad de Ciencias Marinas/Instituto de Investigaciones Oceanológicas

Carretera Tijuana-Ensenada Km. 103, Ensenada B.C., México

\*microbial\_mats@yahoo.com.mx

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California

Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Carretera Tijuana-Ensenada Km. 103

Ensenada B.C., México

Se determinaron las concentraciones de Mo y Al en muestras de sedimentos marinos hipersalinos de 5 fosas de evaporación de la salina de Guerrero Negro B.C.S. En base a estas concentraciones, se calculó el factor de enriquecimiento del Mo ( $\Psi_{Mo}$ ) encontrándose una correlación significativa ( $r^2 = 0.873$ ,  $p < 0.001$ ,  $n = 32$ ) entre este parámetro y la salinidad medida en el agua sobreyacente (S), de acuerdo a la siguiente ecuación empírica:

$$\log(\Psi_{Mo}) = (0.0480 \pm 0.0033)(S) - (2.70 \pm 0.30) \quad (1)$$

En base al rango de salinidades utilizado en esta ecuación, la aplicación de esta ecuación estaría restringida a sedimentos cuyas aguas sobreyacentes posean salinidades entre 40 y 110‰. La ecuación (1) se utilizó para calcular la salinidad de otros sedimentos hipersalinos (modernos y antiguos), encontrándose diferencias mínimas (1.0 a 19%) entre los valores calculados ( $S_c$ ) y las salinidades reportadas o medidas ( $S_r$ ). Es posible que esta nueva herramienta basada en los valores de  $\Psi_{Mo}$  pudiera producir valores todavía más cercanos a  $S_r$  si se incluyera un mayor número de muestras en la base de datos utilizada para generar la ecuación (1).

**LA IMPORTANCIA DE LA QUÍMICA DE SUPERFICIES EN LA GEOQUÍMICA AMBIENTAL.  
ESTUDIO DE CASO: LA GOETITA**

**Conferencia Magistral**

Mario Villalobos Peñalosa

*Grupo de Biogeoquímica Ambiental, Laboratorio de Análisis Físicos y Químicos del Ambiente, Instituto de Geografía,  
UNAM. México, 04510, D.F. (52-55) 5622-4336*

La química ambiental es el estudio de la ocurrencia, comportamiento, y manejo de especies químicas en el ambiente, especialmente de aquellas especies que se consideran contaminantes. En relación a estas últimas especies, el principal objetivo de esta disciplina es determinar su grado de movilidad para predecir el peligro que representan para la salud humana y ecológica, y para proponer alternativas de remediación en los ambientes contaminados. La química de superficies, y en específico los procesos de sorción en la interfaz mineral sólido – solución acuosa participan de manera considerable en un gran número de reacciones geoquímicas y ambientales, como son la retención y liberación de iones, la transferencia de electrones, y el crecimiento mineral y de películas sobre minerales. Esto trae como consecuencia una influencia indiscutible en fenómenos como el transporte y destino de elementos dentro de sus ciclos bio-geoquímicos, y a su vez en la calidad de aguas superficiales y subterráneas, así como en la formación de suelos, por mencionar algunos ejemplos. Por lo tanto, es de fundamental interés investigar los principios básicos del equilibrio que describe dichas interacciones de sorción en sistemas relevantes sólido-líquido.

En esta conferencia se expondrán ejemplos relevantes de la química de superficies aplicada al ambiente. Se hablará sobre la relación inversa que existe entre tamaño de partícula sólida y su reactividad superficial, a través de la llamada área superficial específica. En este contexto, se hablará sobre la importancia de las nanopartículas en la reactividad superficial en el ambiente. También se hablará sobre los minerales más relevantes que determinan la reactividad superficial, sus estructuras, y el origen de su carga electrostática, y los tipos de carga permanente o fija, y variable con el pH.

Se presentará como estudio de caso un resumen de las investigaciones que hemos realizado en mi grupo de investigación a lo largo de varios años con uno de los óxidos minerales más comunes y termodinámicamente estables de Fe(III) en el ambiente: la goetita ( $\text{II-FeOOH}$ ). Este mineral es uno de los óxidos de Fe(III) más estudiados desde el punto de vista tanto estructural como de superficie. Debido a esto, la goetita ha servido como estándar y referencia para el desarrollo de muchos de los modelos termodinámicos de complejación superficial existentes, los cuales describen el comportamiento de adsorción de minerales sólidos frente a especies iónicas en función del pH y la fuerza iónica. Sin embargo existe una seria deficiencia al describir el comportamiento de adsorción de la goetita a medida que sus partículas crecen en tamaño correspondiente a un área superficial aproximada de 80  $\text{m}^2/\text{g}$  hacia abajo. Es decir cuando se transiciona de nanopartículas a micropartículas. Estas últimas, contrario a lo esperado, son mucho más reactivas a nivel superficial que las primeras cuando se normalizan los datos de adsorción por área superficial. Se presentará un resumen del modelo cristalográfico que hemos desarrollado para explicar este comportamiento anómalo de la goetita y ejemplos de su aplicación.

## CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE ARQUEOMATERIALES EN LA SIERRA LIBRE, SONORA, MÉXICO: EL HORNO DEL CAÑÓN LA PINTADA.

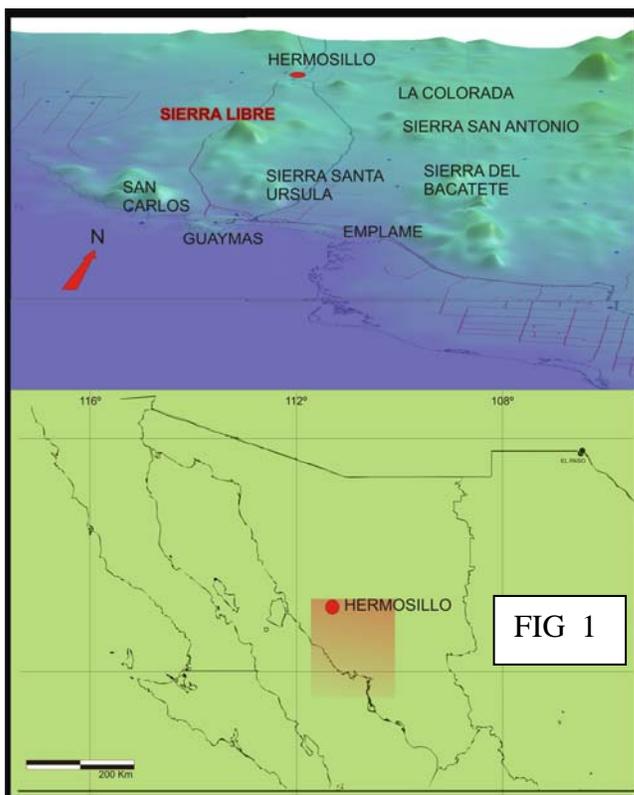
Manuel Graniel-Tellez <sup>1\*</sup> y Jesús Roberto Vidal-Solano <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sección de Arqueología del Centro INAH Sonora.

<sup>2</sup>Departamento de Geología de la Universidad de Sonora \*duendealtoz@hotmail.com

### Introducción

La geología ha encontrado una gran utilidad dentro de los estudios realizados a sitios y objetos arqueológicos. Esto se debe a la amplia aplicación de sus conceptos y métodos (estratigrafía, sedimentología, geocronología, petrología, geoquímica y geofísica, entre otros). Esta rama, que aplica las geotécnicas al estudio de la antigüedad, ha sido definida como geoarqueología y comienza a despertar interés entre geólogos y arqueólogos. Con este marco de referencia y, con el fin de contar con más información para la interpretación del material cultural de las civilizaciones pasadas en La Pintada, se llevó a cabo un estudio petrográfico y geoquímico de los líticos que forman parte de un horno recientemente descubierto en ese sitio.



### Localización y marco geológico-arqueológico

En la parte central del Estado de Sonora (entre los 28°-28°30' N y los 110° 45' y 111° W), alineada al Norte de la Sierra de Santa Úrsula y al Oriente de la Sierra del Bacatete, se encuentra el macizo rocoso de la Sierra Libre (Fig. 1). En este lugar fisiográficamente convergen las planicies de la costa central y los primeros relieves significativos que anteceden al Oeste, a la Sierra Madre Occidental.

La Sierra Libre surge durante el mioceno medio, hace aproximadamente 12 Ma, donde grandes cantidades de material volcánico (riolitas hipercalinas fluidales e ignimbríticas), fueron derramadas por eventos tectónicos precursores a la apertura del Golfo de California (Vidal-Solano et al., 2007). La génesis tectónica de esta Sierra, dio origen, durante la apertura del Golfo de

California (Ca. 6 Ma), a cañones y valles estrechos, así como cumbres que se elevan a los 1100 msnm y súbitamente desciende hasta los 300 msnm. En estos Paisajes habitaron, de manera intermitente, grupos cazadores y recolectores quienes mantuvieron una movilidad estacional entre esta sierra y las planicies costeras, lo cual sabemos hoy por numerosos vestigios arqueológicos.

### Estudios arqueológicos previos

Al noroeste de la Sierra Libre se localiza el cañón de La Pintada; lugar que corresponde a estas características fisiográficas y culturales, el cual desde el 2007, es investigado por el proyecto

arqueológico *La Pintada* (Contreras, 2008,-2009). Durante la temporada 2008-2009, del mencionado proyecto, se realizaron excavaciones en el abanico aluvial de este cañón, en un área que presenta evidencia material en superficie de la tradición Seri-Arqueológico, determinado por la presencia de tipos ceramios Tiburón Liso. (Bowen 1976). En esa temporada de investigación se decidió excavar un montículo oval de, entre 5 y 4 metros de diámetro y 70 cm de alto, que al parecer mostraba evidencia de combustión dado la presencia de piedras y tierra con ceniza. ( fig 2)

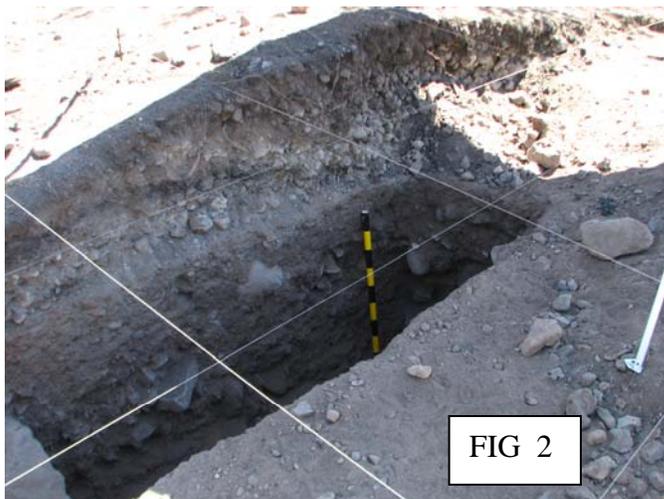


FIG 2

### Muestreo y descripción de las muestras



El objetivo de la excavación fue el de obtener una estratigrafía completa

en el lugar, para diferenciar eventos concretos (capas culturales y su temporalidad relativa), así como *sellar contextos* y encontrar la profundidad máxima de las capas culturales. La fosa alcanzo 1 metro 40 cm de profundidad; ahí se encontraron 5 capas culturales de forma horizontal sobreyaciendo a un conglomerado que impidió continuar la excavación.

El material arqueológico asociado a cada una de las capas mostro una clara correspondencia con la tradición arqueológica de la costa central. (Contreras et al. 2009a)

de las capas presentaron una concentración de piedras que se comportaban de manera similar a lo que se encuentra en restos de fogones o montículos de cocción. Debido a esto, fue denominado horno o elemento 1, dada su gran similitud con los llamados arqueológicamente hornos mezcaleros difundidos en casi todo el norte de México y sur de Estados Unidos; (unas buenas descripciones de este tipo de elementos la encontramos en Valadez 1999). Dentro del horno se encontró: a) agave carbonizado de una especie aun no identificada, b) restos de artefactos parecidos a los encontrados en otras unidades excavadas de la misma tradición arqueológica y, c) la presencia de un material rocoso de tipo escoria (vidrio derivado de la fundición de mineral). En el perfil de excavación, que quedo expuesto, se observo, al centro de la capa más superficial, la existencia de un núcleo de combustión, donde se colectaron muestras de líticos escoriaceos, que al parecer, corresponde con el centro del montículo, lo cual sugiere diferencias térmicas durante la combustión.

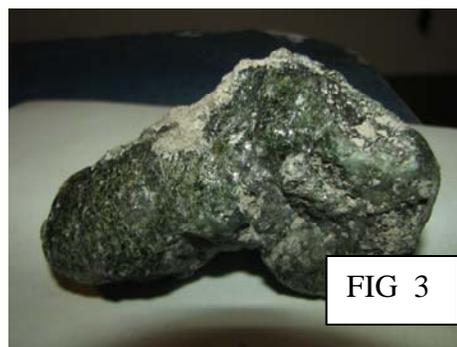


FIG 3

Los líticos muestreados corresponden a fragmentos centimétricos de roca que aparentemente fue modificada por la temperatura. Estos presentan, en algunos casos, una patina vítrea verdosa (Fig.3), en otros, una textura vesicular, casi pumítica, o bien, fluidal en el caso de fragmentos que llegaron a presentar características de un fundido que casi derrama; hacia el exterior de este aparente núcleo

las piedras parecen estar menos alteradas. Hasta el momento no se tiene conocimiento de algún reporte de material similar y asociado a este tipo de contextos arqueológicos, al menos no para hornos de tipo mezcalero. Esto disparo las interrogantes respecto al posible uso de este elemento; del cual sabemos, únicamente, que fue su comburente y que alcanzó una temperatura tan alta que cambió la condición física de la roca; temperatura que hasta hoy es una incógnita también.

**Petrología lítica**

*Petrografía*

Una selección de las muestras colectadas, considerando sus variedades texturales, fue necesaria para realización de láminas delgadas. Esta se llevo a cabo eligiendo solo a fragmentos de roca, parcialmente modificados, que presentáran un cambio hacia el borde del objeto. El estudio petrográfico resaltó la presencia de un zonación concéntrica de texturas, que presentaban un núcleo (centimétrico) riolítico, vítreo (parcial a completamente desvitrificado) porfírico, con fenocristales de feldespato, clinopiroxeno y cuarzo, variando, hacia los bordes del fragmento, en una matriz microcristalina de la misma composición mineralógica, englobada por una fina textura vítrea vesicular que, finalmente es cubierta por una ligera capa vítrea color verde olivo. Con el fin de comparar estos fragmentos culturalmente alterados con la roca que compone al cañón de la Pintada, se elaboraron láminas delgadas de muestras frescas. En ellas se observa que se trata de una roca similar a la observada en los núcleos de los fragmentos culturalmente modificados, estableciendo un vínculo de fuente entre ellos.

*Geoquímica de los arqueomateriales*

Las muestras fueron preparadas mediante la elaboración de perlas y pastillas de 34mm siguiendo las características reportadas en Lozano-Santa Cruz y otros (2008). Los análisis fueron efectuados en un espectrómetro de Rayos X del Laboratorio de Cristalografía y geoquímica del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora.

Tres muestras fueron elegidas para su análisis químico de elementos mayores y traza. Una de ellas (LP-SL-09-03), corresponde a la roca fresca extraída del cañón (riolita fluidal perlítica y porfírica de Feldespato alcalino y piroxeno). Las otras muestras analizadas son fragmentos culturalmente modificados, de donde, una es color verde pistache y de aspecto pumítico (LP-SL-09-01, textura vesicular), y la última, es una roca vítrea color verde oscuro que presentaba una forma de flujo en escurrimiento (LP-SL-09-01B, Fig.4).

Los resultados de los análisis son presentados en la Tabla 1. En ellos se observa una completa concordancia entre los elementos mayores. La alta concentración en sílice corrobora que se trata de verdaderas riolitas y la proporción en los valores de alúmina y álcalis precisa su carácter hiperalcalino (Vidal-Solano et al., 2008). Estos resultados muestran una fuerte concordancia con la química de otras riolitas reportadas en Sonora,



que son asociadas a un magmatismo efímero ocurrido durante el Mioceno medio (Vidal-Solano et al., 2005, 2007), poniendo en realce la disponibilidad de la fuente de estos materiales para el desarrollo de antiguas culturas en el Estado.

Los datos de los elementos traza HFS (Th/Y, Nb/Zr) muestran que las firmas geoquímicas de los arqueomateriales concuerdan con las de la roca del Cañón de *La Pinatada*, sugiriendo a esta como la fuente de los materiales utilizados en la fabricación del horno (Tabla 2). Por otro lado, el comportamiento de los elementos compatibles, presenta un aumento en la concentración de V, Cr, Ni y Cu que puede estar relacionado a una migración de los elementos más móviles producida por el desequilibrio térmico de la roca original al durante el funcionamiento del horno.

Elementos Mayores % en peso	Lítico pumítico LPSL09-01A	Lítico vítreo fluidal LPSL09- 01B	Riolita fluidal perlítica LPSL09-03	Promedio de 20 muestras hiperalcalinas
Na <sub>2</sub> O	3.38	3.37	3.17	3.85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.5	12.5	12.3	12.69
SiO <sub>2</sub>	76.18	76.28	77.23	75.44
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.034	ND	ND	0.03
K <sub>2</sub> O	5.06	5.11	5.01	4.89
CaO	0.865	0.681	0.486	0.76
TiO <sub>2</sub>	0.179	0.174	0.13	0.14
MnO	0.037	0.041	0.039	0.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.759	1.868	1.677	1.76

**Tabla1.-** Análisis de los elementos mayores determinados por FRX, recalculados en base anhidra y comparados con el promedio de 20 análisis de rocas hiperalcalinas reportadas por Vidal-Solano et al., 2007.

Elementos Traza ppm	Lítico pumítico LPSL09-01A	Lítico vítreo fluidal LPSL09-01B	Riolita fluidal perlítica LPSL09-03	Discusión y conclusiones
Rb	354.1	336	480.3	Luego del análisis de los resultados es posible plantear las siguientes preguntas: 1).-¿cuáles fueron las condiciones que generaron esa escoria (temperatura, tiempo etc.)?; 2).-¿qué hace diferente a este horno de los demás restos arqueológicos conocidos de este tipo, es daría este a la
Sr	40.2	30.9	0	
Pb	28.9	30.8	34.4	
Th	4.63	4.67	4.65	
Y	40.73	40.38	47.58	
Zr	437.5	428.1	506.6	
Nb	31.8	33.1	46.3	
V	5.5	2.4	1.5	
Cr	7.37	12.1	6.9	
Ni	6.78	4.95	5.85	
Cu	14.6	12.1	10.8	
Zn	168.2	144.1	172.8	
Th/Y	0.11	0.11	0.10	
Zr/Nb	13.75	12.93	10.94	

**Tabla 2.-** Análisis de los elementos traza determinados por FRX para las muestras de roca estudiadas en el cañón de La Pintada

plantear que la temperatura pudo haber rebasado los 1000°C, considerando que las pruebas por calcinación, que son efectuadas de manera habitual utilizando muestras pulverizadas de este tipo roca, no presentan modificación alguna. Por otro lado, dando una respuesta a la segunda cuestión, es difícil imaginar que el horno haya sido utilizado para cocción de alimentos, dado que el tamaño de algunos de los fragmentos parcialmente fundidos es de hasta 10cm. Sin embargo, cabe la posibilidad de que este perteneciera al periodo histórico y no tanto al de los cazadores-recolectores de la cultura Seri-Arqueológico (400 ac-1200dc). Los restos de agave podrían sugerir un horno de bacanora, ya que a principios del XIX se realizaba clandestinamente después de la prohibición por Plutarco Elías Calles. O también, puede estar asociado a fundición de metales, tal vez en la reparación de armamento en la época de tropas españolas. A fin de revelar la edad de este acontecimiento se mandaron efectuar dataciones C14 de los restos orgánicos encontrados dentro del horno, de las cuales hasta la fecha se esperan resultados.

A manera de conclusión se establece que la fuente de los materiales arqueológicos estudiados corresponde con afloramientos que pueden ser correlacionados con rocas hiperalcalinas ampliamente dispersas en la región. Este fenómeno es factible debido a la gran diversidad de litofacies presentes en el volcanismo hiperalcalino del Mioceno medio, dentro de las que destacan las variedades con textura vítrea.

**Agradecimientos:** Se agradece a la arqueóloga Erendira Contreras del Centro INAH Sonora por su incondicional apoyo en la realización de este trabajo; al arqueólogo Day Blanquel por su valiosa participación a cargo de la excavación; al M.C. Abraham Mendoza Córdova por la preparación de las muestras para los estudios geoquímicos; al físico Rafael García por su entera disponibilidad en la exposición de las muestras bajo la mufla.

#### Bibliografía

- BOWEN, THOMAS (1976) Seri Prehistory. The Archaeology of the Central Coast, Sonora, Mexico. Anthropological Papers of The University of Arizona, University of Arizona, Tucson.
- CONTRERAS BARRAGÁN B. E., (2008) "informe parcial de la primera temporada de campo del Proyecto Arqueológico La Pintada 2007-2008"; Centro INAH Sonora. Sección de Arqueología Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- CONTRERAS BARRAGÁN, B. E, GRANIEL TÉLLEZ MANUEL, BLANQUEL DAI, INIJO, ADRIANA (2009 a) "informe parcial de la primera temporada de campo del Proyecto Arqueológico La Pintada 2008-2009"; Centro INAH Sonora. Sección de Arqueología Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- CONTRERAS BARRAGÁN, B. E, GRANIEL TÉLLEZ MANUEL, BLANQUEL DAI (2009 b) La Pintada, Sonora En: Arqueología Mexicana "las culturas de Sonora" Vol. XVII num. 97 mayo – junio
- LOZANO-SANTA CUZ, R., VIDAL-SOLANO, J.R., MENDOZA-CÓRDOVA, A., PEÑAFLORES, P., ORTEGA-RIVERA, A., (2008) - Avances en el proceso de validación del método de WD-FRX para análisis de elementos mayores en rocas: Laboratorio de rayos X de la UNISON: XVIII Congreso Nacional de Geoquímica, Hermosillo, Sonora, México. Actas INAGEQ, 18-Nº1, pag.6.
- VALADEZ MOREO MOISES

- (1999) La Arqueología de Nuevo León y el noreste, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- VIDAL-SOLANO J.R., PAZ-MORENO F.A., IRIONDO A., DEMANT A. & COCHEMÉ J-J. (2005). - Middle Miocene peralkaline ignimbrites in the Hermosillo region (Sonora, México). Geodynamic implications. - C. R. Geoscience, 337, 1421-1430.
- VIDAL-SOLANO J.R., PAZ-MORENO F.A., DEMANT A. & LÓPEZ-MARTÍNEZ M. (2007). - Ignimbritas hiperalcalinas del Mioceno medio en Sonora Central: revaluación de la estratigrafía y del significado del volcanismo terciario. - Rev. Mex. Ciencias Geol., 24, 47-67.
- VIDAL-SOLANO J.R., LAPIERRE H., STOCK J.M., DEMANT A., PAZ-MORENO F.A., BOSCH D., BRUNET P., AMORTEGUI A. (2008).- Isotope geochemistry and petrogenesis of peralkaline Middle Miocene ignimbrites from Central Sonora: relationship with continental break-up and the birth of the Gulf of California. Bulletin de la Société Géologique de France, 179, 453-464.

## **EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA POR METALES PESADOS PROVENIENTES DEL EXBASURERO DE MÉRIDA, YUCATÁN**

Grael Castro Eduardo, Sánchez y Pinto Ismael, Giacomán Vallejos Germán, Ponce Caballero María del Carmen y Sauri Riancho María Rosa

*Profesores Investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, [graniel@uady.mx](mailto:graniel@uady.mx)*

### **Introducción**

Al inicio de la década de 1980, la basura de residuos sólidos de la Ciudad de Mérida, Yucatán; se dispuso en un tiradero a cielo abierto que no contó con algún sistema para proteger el agua subterránea de los lixiviados generados por la basura. Esto propicio que el exbasurero funcionara como un generador puntual de contaminación al ambiente. En el sitio se practicó la pepena y la quema; la basura era depositada en dos sitios distintos dentro del basurero, en donde la disposición de los desechos sólidos era anárquica. El método de área de disposición de desechos comenzó a utilizarse en el basurero municipal de la ciudad de Mérida en marzo de 1993 y después de cinco años de operación se vertieron aproximadamente 507,000 m<sup>3</sup> de desperdicios, es decir casi 8500 m<sup>3</sup> de desechos sólidos se acumulaban mensualmente en el basurero para conformar las celdas de basura. El exbasurero tuvo una vida útil desde marzo de 1993 hasta abril de 1998 y se encuentra situado sobre roca caliza fracturada con un alto grado de carsticidad. Los desechos se depositaron en el área sin impermeabilización en el fondo y sin colectores de lixiviado y muchas veces sin cubierta superficial para evitar la infiltración del agua pluvial para disminuir el volumen de lixiviado que percolarian hacia el acuífero confinado lo que facilita la percolación del lixiviado y representa una contaminación para el acuífero. Los lixiviados son líquidos que se han percolado a través de los desechos sólidos y son altamente contaminantes. La infiltración del lixiviado al acuífero provoca el desarrollo de una pluma contaminante en el sentido del flujo.

El objetivo de este trabajo es evaluar la calidad del agua subterránea por metales pesados y el efecto causado el lixiviado de la basura en el acuífero

### **Metodología**

#### *Descripción del área de estudio*

El área de estudio se ubica al noroeste de la ciudad de Mérida en la porción norte del Estado de Yucatán; su ubicación geográfica es los 21° 02' de latitud norte y 89° 39' de longitud oeste, con una elevación de 3 m sobre el nivel del mar y se localiza en un terreno geológico de tipo cárstico,

caracterizado por la presencia de cavernas y conductos de disolución. El acuífero subyacente presenta bajo gradiente hidráulico, alta permeabilidad y diferentes grados de evolución cárstica. Por las características del subsuelo, los contaminantes que se generen en la superficie tienden a infiltrarse rápidamente y a contaminar el acuífero de la zona.

La geología de los primeros 50 m de profundidad, está constituida por una caliza fosilífera, alternando en su secuencia estratigráfica con areniscas calcáreas, coquinas y delgados lentes de caliza recristalizada del Mioceno-Plioceno. La superficie del terreno está virtualmente cubierta por una delgada capa de roca caliza recristalizada (Caliche), la cual es conocida localmente como "Laja", y por un suelo delgado y discontinuo formado por el material residual de la disolución de la caliza y por materia orgánica. Por su origen, esta roca superficial es prácticamente impermeable; sin embargo, el denso fracturamiento que presenta debido a diversos agentes atmosféricos y antropogénicos que han incidido en ella, permite que el agua se infiltre rápidamente al subsuelo dando lugar a la existencia de un acuífero libre, cuyo nivel freático se localiza a los 5 m de profundidad aproximadamente.

#### *Caracterización del sitio del exbasurero*

La basura en el ex basurero de la ciudad de Mérida se encuentra distribuida en una superficie aproximada de 173, 620 m<sup>2</sup>. El espesor acumulado varía de 0.30 m a 1 m en su periferia y con espesores máximos de hasta 6 m hacia el centro; lo cual representa un volumen promedio igual a 524,410.00 m<sup>3</sup>. La basura que se halla en la periferia es muy antigua y se presenta algo compacta, tiene residuos derivados de la incineración de la basura y actualmente está cubierta de vegetación del tipo caducifolia. Por otro lado, la basura acumulada hacia el centro ha sido removida actualmente, modificando su morfología y alterando las condiciones que prevalecían inmediatamente después de su clausura. Dentro del predio de 50 Ha se localiza una zona de basura acumulada (cerro de basura) y alrededor existen algunas lagunas de agua. En la parte noroeste se ubican las lagunas de oxidación donde se depositan las aguas de las fosas sépticas y de las nixtamaleras.

#### *Instalación del sistema de monitoreo*

Para este proyecto se perforaron 3 pozos de observación de 40 m de profundidad (Pozos 1, 2 y 3) y se consideraron 3 pozos ya existentes cerca de la zona de estudio, los pozos se perforaron de 8" de diámetro y se ademaron con tubos de 6", utilizando 6 m de tubería lisa en la parte superior y lo demás con tubería ranurada.

Tabla 1. Localización Geográfica de los pozos de muestreo en el exbasurero de Mérida, Yucatán.

Pozo	Prof. (m)	Ubicación	
		Lat (N)	Long (W)
1	40	21°02'22.3"	89°39'12.4"
2	40	21°02'29.6"	89°39'16.6"
3	40	21°02'38.0"	89°39'23.4"
4	17	21°02'22.7"	89°39'12.3"
5	45	21°02'38.9"	89°39'25.5"
6	45	21°02'39.1"	89°39'26.6"

#### *Estudio Geofísico*

El estudio geofísico consistió en la realización de 22 tomografías eléctricas cubriendo en total una distancia de 1629 m. Una o más tomografías constituyen una línea tomográfica, por ejemplo, la línea 1 contiene 6 tomografías que fueron ejecutadas siguiendo la misma dirección, en contraste la línea 5 solo está conformada por una tomografía. Cinco de estas líneas se orientaron hacia el NE y el resto hacia el SW. En total 18 imágenes eléctricas fueron ejecutadas sobre la basura y 4 sobre el terreno natural. El equipo utilizado fue el Syscal Kid de la marca IRIS INSTRUMENTS, que proporciona dos formas de obtener los datos, como New Acquisition y Roll Along.

#### *Determinaciones en campo*

Para la realización de los registros de calidad de agua se utilizó un equipo Quanta Hydrolab (sonda), que nos permite determinar in situ: temperatura (Temp.), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrogeno (pH), y potencial de óxido-reducción (Eh); las lecturas se realizaron a cada metro de profundidad a partir del nivel estático.

#### *Muestreo de agua*

La recolección de las muestras de agua se realizó a cada 10 m de profundidad en cada pozo a partir del nivel freático. En el campo, las muestras se obtuvieron por medio de una bomba peristáltica, considerando un tiempo de 5 minutos de espera para drenar el agua de la manguera y también se utilizó una botella muestreadora en los pozos donde la bomba peristáltica no pudo succionar. El volumen de muestra fue de un litro colectado en envases de polietileno para su análisis. Las muestras fueron preservadas de acuerdo a lo establecido en el "Métodos Standard" (APHA, 1989).

#### *Análisis de Agua Subterránea*

Para determinar la calidad del agua del subsuelo del exbasurero se determinaron en el laboratorio los siguientes parámetros: Metales (Hierro, Zinc, Cobre, Mercurio, Arsénico, Cadmio, Plomo, Cromo), Físico-Químicos (Na, K, Mg, Ca, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, CO, sólidos disueltos), sanitarios (NO<sub>3</sub>, NKT, N-NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), así como el de Coliformes Fecales. Todas las determinaciones se realizaron de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas. Para la determinación de los metales pesados se empleo la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica de Flama.

### **Resultados**

Los pozos perforados presentaron casi las mismas características litológicas: calizas compactas, calcarenita con fragmentos de moluscos y roca caliza con textura porosa, en algunos casos se presento secciones de caliza con arcilla; a excepción del pozo 2 donde se encontró 3 m de basura en la parte superior. De acuerdo a la configuración de las cargas hidráulicas, se tiene que la dirección del flujo subterráneo es de sureste a noroeste. Las tomografías eléctricas practicadas sobre la basura del ex basurero de la ciudad de Mérida revelan la existencia de zonas permeables por las cuales el agua pluvial se infiltra, dando lugar a la generación de lixiviados. Estas zonas se caracterizan por ser buenas conductoras de electricidad, en virtud de que los lixiviados contienen sales, a tal grado que actúan como electrolitos. El lixiviado que de esta manera se genera percola hacia el nivel freático tal como lo indica la proyección de estas zonas de baja resistividad hacia la zona saturada. Así mismo, se infiere que existen zonas por debajo de la basura cuya humedad es tal que esta capa de basura esta saturada de agua. Lo anterior lo confirma la extracción de núcleos de basura saturada de agua a los 4 m de profundidad por debajo de la superficie de la basura.

La conductividad eléctrica y la temperatura del agua subterránea presentaron un aumento de acuerdo a la dirección de flujo, para posteriormente disminuir al pasar por la zona de la basura; indicando así

el efecto de la infiltración de los lixiviados generados por la basura que se encuentra acumulada en esa zona. El potencial redox presenta un comportamiento contrario, lo que indica la existencia de condiciones reductoras por el mismo efecto. El potencial de hidrogeno no tiene mucha variación entre sus valores y el oxígeno disuelto presentó valores muy bajos en todos los pozos. En general se observa el efecto de la infiltración de los lixiviados de la basura acumulada en el área; ocasionando así contaminación del acuífero en esa zona.

### **Conclusiones**

La litología de subsuelo del área de estudio está compuesta de calizas compactas, calcarenita con fragmentos de moluscos y roca caliza con textura porosa, en algunos casos se presentó secciones de caliza con arcilla. El movimiento del agua subterránea en el área de estudio es en la dirección de sureste a noroeste. Toda la zona del acuífero estudiado estuvo conformado por agua dulce, en la cual además se observó que existen condiciones reductoras, debido a las condiciones anaerobias existentes. La infiltración de los lixiviados acumulada en la parte central del terreno en el depósito de basura del exbasurero ha afectado en forma negativa la calidad de agua subterránea, desplazándose dicha contaminación en dirección del flujo subterráneo hacia el noroeste del área de estudio y verticalmente hacia la parte profunda del acuífero. Esta contaminación no sólo es de tipo orgánico sino también bacteriológica y de metales pesados. El material allá dispuesto sin algún tratamiento previo es la fuente de dicha contaminación y representa aún una fuente de riesgo para la calidad del agua subterránea.

Algunos de los parámetros determinados en el estudio muestran valores que rebasan los límites máximos permisibles en la NOM-127-SSA1-1994, por lo que se recomienda no usarla para consumo humana sin tratamiento previo. En general se observa el efecto que los lixiviados de la basura han causado en la calidad de agua subterránea debido a la infiltración en la parte central del terreno en estudio, desplazándose dicha contaminación en dirección del flujo subterráneo y verticalmente hacia el fondo de los pozos.

### **Agradecimiento**

A las autoridades de la Secretaria de Obras Publicas del Gobierno del Estado de Yucatán y a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán por permitirnos realizar este trabajo y su autorización para realizar este escrito.

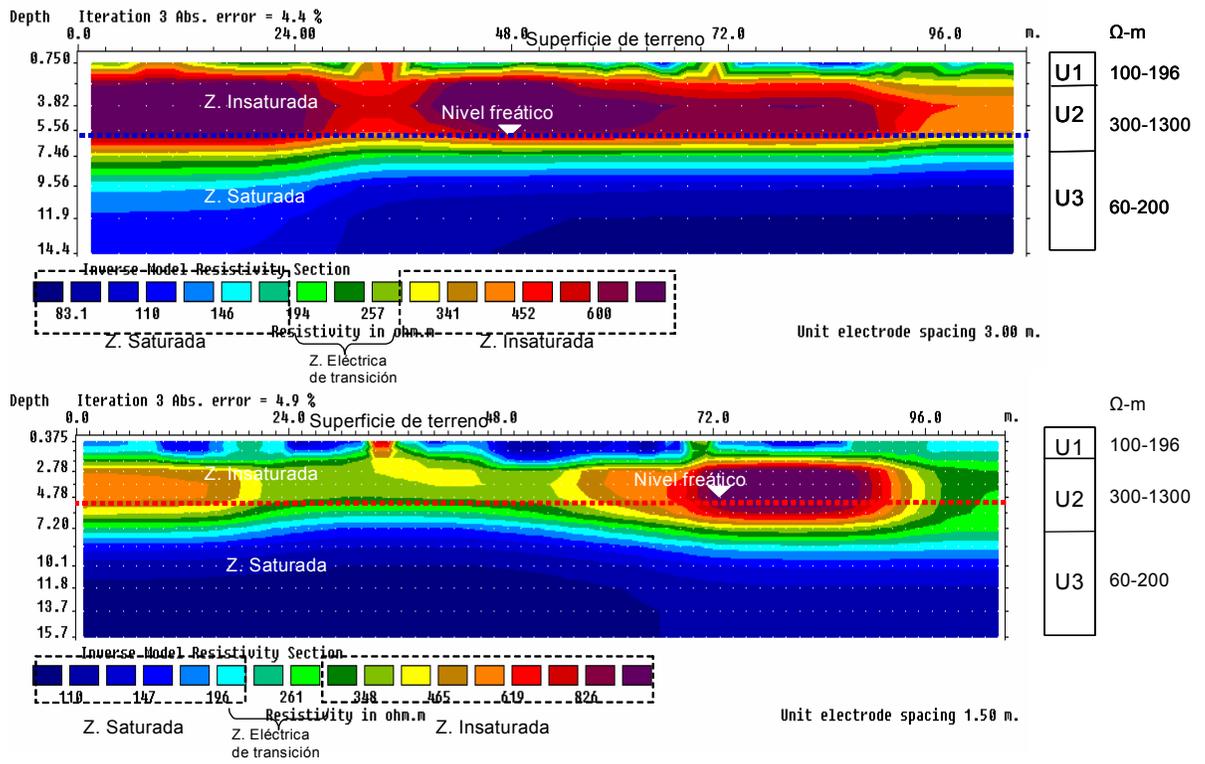


Figura 1. Resultados de las tomografías del exbasurero de Mérida, Yucatán

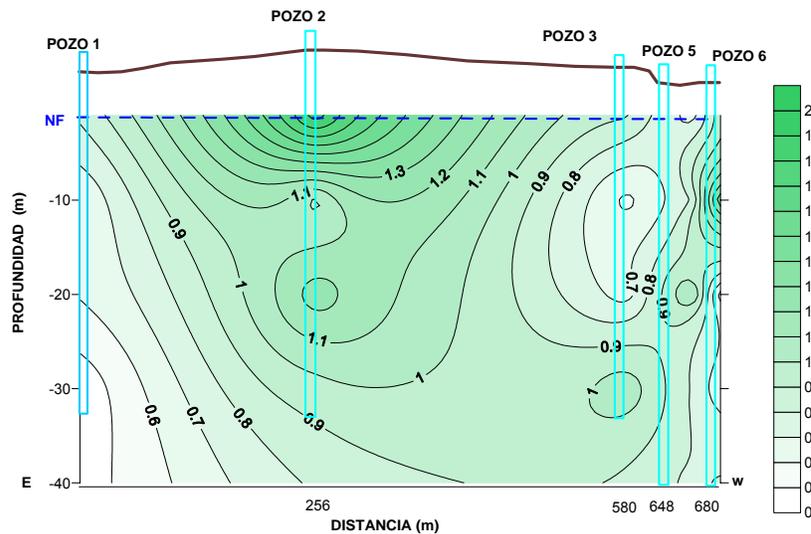


Figura 2.- Sección de Isoconcentraciones de Hierro en mg/l en el exbasurero de Mérida, Yucatán

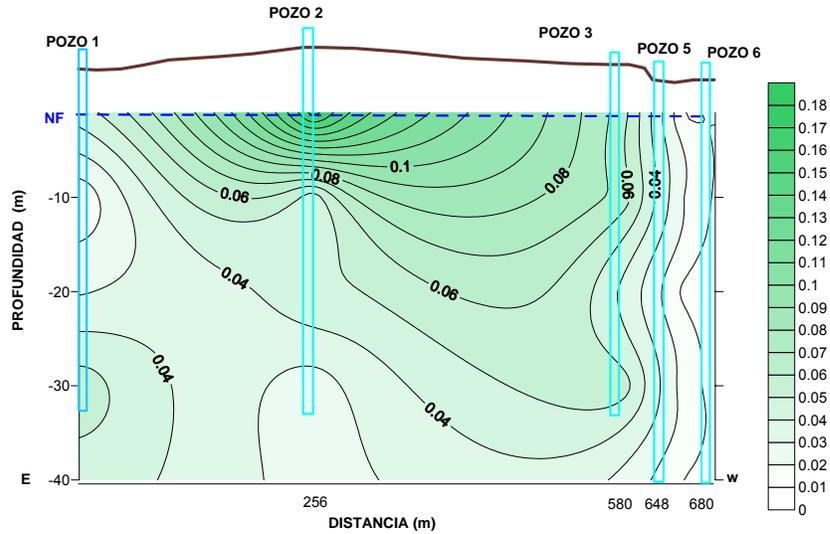


Figura 3.- Sección de Isoconcentraciones de Zinc en mg/l en el exbasurero de Mérida, Yucatán

Tabla 2. Resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de agua del exbasurero de Mérida, Yucatán

Pozo/Prof	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	HCO3- (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4= (mg/l)	NO3- (mg/l)	NKT (mg/l)	NH4 (mg/l)	N Org (mg/l)	NO2 (mg/l)	Col. Tot. NMP/100 ml	Col. Fec. NMP/100 ml
POZO 1 NF	109.12	58.81	89.84	8.98	532.53	152.76	40.28	21.51	0.33	0	0.33	0.039	17	8
POZO 1 10m	93.28	65.22	87.16	5.22	549	152.76	31.25	19.33	0.56	0	0.56	0.017	17	8
POZO 1 20m	86.24	65.22	88.17	4.14	543.51	152.76	25.96	16.29	0.33	0	0.33	0	220	34
POZO 1 30m	93.28	66.29	88.9	4.2	549	152.76	24.44	17.9	0.56	0	0.56	0	220	34
POZO 2 NF	72.16	59.88	147.05	61.95	631.35	226.31	57.38	0.47	45.13	41.55	3.58	0.147	8000	8000
POZO 2 10m	79.2	59.88	103.8	24.35	549	162.19	35.81	1.36	7.61	6	1.61	0.046	8000	8000
POZO 2 20m	84.48	55.60	141.97	53.25	625.86	209.34	33.38	1.05	9.85	9	0.85	0.103	8000	8000
POZO 2 30m	84.48	55.60	140.48	53.25	625.86	213.11	37.23	0.54	10.75	9.12	1.63	0.13	8000	8000
POZO 3 NF	80.96	65.22	201.37	56.75	697.23	333.81	38.99	0.58	27.77	27	0.77	0.173	<2	<2
POZO 3 10m	75.68	49.18	207.9	57	631.35	335.70	31.58	0.39	28.33	26.71	1.62	7	<2	<2
POZO 3 20m	93.28	55.60	208.5	59.25	713.7	348.90	42.75	0.33	28.89	26.26	2.63	0.047	13	<2
POZO 3 30m	89.76	63.08	256.6	72	730.17	405.48	114.65	0.45	26.65	24.19	2.46	0.021	13	<2
POZO 4 NF	99.12	60.22	80.86	4.90	411.75	167.85	26.82	20.18	0.78	0.00	0.78	0.04	300	27
POZO 4 10m	102.48	47.97	82.98	6.28	411.75	128.24	34.55	22.08	0.89	0.16	0.72	0.07	17	11
POZO 5 NF	79.2	64.15	106.66	19.05	510.57	173.51	34.37	4.9	4.25	3.47	0.78	2.12	500	33
POZO 5 10m	79.2	58.81	105.02	19	532.53	169.73	35.53	5.47	5.37	4.6	0.77	0.66	500	33
POZO 5 20m	75.68	52.39	107.05	18.75	494.1	169.73	35.07	6.29	5.37	4.6	0.77	0.3	400	22
POZO 5 30m	84.48	50.25	103.46	18.3	494.1	169.73	30.32	7.17	1.23	1.12	0.11	0.035	400	22
POZO 5 40m	72.16	59.88	108.82	9.55	499.59	184.82	32.61	7.07	3.69	3.2	0.49	0.44	400	22
POZO 6 NF	84.48	66.29	117.06	13.45	516.06	192.37	73.16	23.63	0.33	0	0.33	7.03	500	<2
POZO 6 10m	77.44	69.50	121.61	14.1	532.53	199.91	60.2	20	2.24	1.51	0.73	2.15	500	<3
POZO 6 20m	133.76	34.21	124.42	15.5	532.53	205.57	45.91	16.1	3.47	2.63	0.84	2.92	4	<4
POZO 6 30m	140.8	21.38	125.16	16.7	527.04	209.34	47.34	19.33	1.45	0.56	0.89	4.86	4	<5
POZO 6 40m	140.8	28.87	136.03	17.15	543.51	213.11	44.78	17.53	2.12	1.68	0.44	3.56	4	<2

Nota: NF. Nivel freático

Pozo/Prof	STD (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	C. Org. (mg/l)	Mn (mg/l)	Ni (mg/l)	Zn (mg/l)	Pb (mg/l)	Cd (mg/l)	Cr (mg/l)	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Hg g/l	As (g/l)
POZO 1 NF	86405	5.9	2.18	77	0.02	0.13	0.045	N.D.	N.D.	0.149	N.D.	0.818	1.884	1.284
POZO 1 10m	863.2	6.31	2.94	77.07	0.014	0.097	0.012	N.D.	N.D.	0.118	N.D.	0.603	1.658	1.294
POZO 1 20m	841.8	3.44	2.59	77.64	0.015	0.108	0.029	N.D.	N.D.	0.118	N.D.	0.609	2.000	1.214
POZO 1 30m	838.5	4.67	1.65	75.48	0.01	0.072	0.056	N.D.	N.D.	0.078	N.D.	0.426	1.566	1.326
POZO 2 NF	1371.5	379.91	9.85	167.2	0.043	0.112	0.175	N.D.	N.D.	0.076	N.D.	1.958	23.680	4.688
POZO 2 10m	780	40.32	2.94	95.77	0.031	0.168	0.043	N.D.	N.D.	0.149	N.D.	0.978	2.000	3.484
POZO 2 20m	1020.5	37.05	3.12	111.1	0.033	0.183	0.049	N.D.	N.D.	0.148	N.D.	1.257	51.250	6.884
POZO 2 30m	1046.5	26.41	3.65	109.2	0.028	0.133	0.025	N.D.	N.D.	0.106	N.D.	0.961	11.710	7.410
POZO 3 NF	1352	52.25	18.21	132.4	0.034	0.132	0.065	N.D.	N.D.	0.092	N.D.	0.912	0.650	10.063
POZO 3 10m	1358	52.67	15.73	129.5	0.03	0.11	0.067	N.D.	N.D.	0.053	N.D.	0.577	0.696	10.093
POZO 3 20m	1722.5	49.75	10.24	148.7	0.03	0.11	0.038	N.D.	N.D.	0.061	N.D.	0.655	7.000	10.336
POZO 3 30m	1794	52.25	17.67	140.8	0.037	0.169	0.056	N.D.	N.D.	0.114	N.D.	1.065	1.038	13.202
POZO 4 NF	665.6	8.36	6.65	59.95	0.016	0.127	0.021	N.D.	N.D.	0.132	N.D.	0.679	2.204	1.628
POZO 4 10m	681.2	8.78	2.35	67.86	0.02	0.108	0.03	N.D.	N.D.	0.118	N.D.	0.723	3.058	1.734
POZO 5 NF	811.2	30.58	12.15	93.06	0.026	0.132	0.008	N.D.	N.D.	0.119	N.D.	0.658	7.536	2.880
POZO 5 10m	809.3	9.75	3.21	88.02	0.037	0.212	0.018	N.D.	N.D.	0.149	N.D.	0.809	39.420	3.212
POZO 5 20m	845	10.58	2.82	85.99	0.042	0.272	0.006	N.D.	N.D.	0.239	N.D.	1.117	4.428	2.694
POZO 5 30m	846.3	53.44	13.48	86.26	0.036	0.179	0.014	N.D.	N.D.	0.118	N.D.	0.79	83.000	3.690
POZO 5 40m	846	16.83	3.18	80.38	0.033	0.195	0.009	N.D.	N.D.	0.104	N.D.	0.774	2.362	3.432
POZO 6 NF	929.5	13.92	13.48	85.96	0.029	0.171	0.012	N.D.	N.D.	0.118	N.D.	0.961	0.778	6.586
POZO 6 10m	918.5	11.83	10.88	86.04	0.026	0.086	0.009	N.D.	N.D.	0.026	N.D.	1.489	2.260	20.025
POZO 6 20m	930.8	19.75	18.67	88.57	0.023	0.102	0.004	N.D.	N.D.	0.033	N.D.	0.545	0.688	5.620
POZO 6 30m	929.5	19.33	17.18	89.75	0.017	0.062	0.007	N.D.	N.D.	0.057	N.D.	0.637	1.692	5.332
POZO 6 40m	851.5	17.67	16.29	90.85	0.023	0.121	0.006	N.D.	N.D.	0.087	N.D.	0.813	0.894	6.192

Nota: N.D. No detectable

## EL PROBLEMA DE LA BASURA Y LA NECESIDAD DE ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS QUE INVOLUCREN A LA GEOQUÍMICA EN LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.

Juanita del Pilar Ochoa Chi

*Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., 04510, México,  
juanita\_ochoa\_chi@yahoo.com.mx*

El crecimiento de la basura en el mundo y particularmente en nuestro país, ha alcanzado dimensiones alarmantes y altamente riesgosas para la salud de las poblaciones vecinas y para los ecosistemas en los que se emplaza o depositan dichos residuos. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) calculó que en 2008 el mundo había producido un total de 10 mil millones de toneladas de residuos de todo tipo y que, de esta cantidad, la mitad no se recogía ni se sometía a tratamiento. Durante el periodo 1985-2000 las grandes ciudades del Hemisferio Norte incrementaron su generación de basura hasta en un 600 por ciento. Dado el desenfreno del Libre Mercado en dichos países no se aplicó ninguna medida que redujera la generación de desechos. No casualmente los cálculos actuales de la ONU anuncian que para 2025 estos países quintuplicarán el problema. Pero en estas mismas décadas los países industrializados del Sur también registraron un aumento dramático en su generación de desechos. En el año de 2005 México generó la magnitud de 35.4 millones de toneladas de basura, lo que representó 0.91 kg. *per cápita* diarios. La ciudad de México, la segunda ciudad más grandes del mundo, con sus 22 millones de habitantes, generó más de 30 mil toneladas de basura al día (1.4 kg. *per cápita*) y esta inmundicia tuvo como principal destino final al Bordo de Xochiaca, que actualmente es considerado el basurero a cielo abierto más grande del mundo. De 1985 a 2004 acumuló una masa de basura superior a los 67 millones de toneladas en sólo 721 hectáreas de tierra. Estas cifras reflejan que la basura mundial crece incontroladamente y que en este fenómeno nuestro país se encuentra en el ojo del huracán. Pero la magnitud de la basura no es el único problema que enfrentamos. Lo más problemático de su crecimiento es la toxicidad que se deriva de ella.

Antes de la era del petróleo, principios del siglo XX, la mayor parte de lo que se dejaba de usar y se desechaba era degradado por el propio metabolismo natural del planeta. Sin embargo, actualmente la mayor parte de los desechos contaminan la tierra, el agua, el aire, el subsuelo y la estratosfera provocando la contaminación del planeta, de los recursos naturales y la muerte de millones de seres vivos. Esto se debe a que una gran parte de la basura (del 30% al 40%) tiene como principal materia prima al petróleo y a nuevas sustancias químicas orgánicas e inorgánicas muy complejas, artificialmente producidas, de difícil manejo y altamente riesgosas para la vida en su conjunto.

Se sabe que la composición de estos lixiviados traspasan cualquier geomembrana y que inevitablemente estos químicos contaminarán la tierra, los acuíferos, el aire generando graves problemas al ecosistema y también ocasionarán graves problemas de salud a la población que habita en la región cercana a ellos. Existen estudios en Europa y en estados Unidos que examinan la incidencia de siete tipos de cáncer en hombre y mujeres que vivieron cerca de un Relleno Sanitario. Pero en México, aún no existen estudios ni geoquímicos ni sanitarios que evalúen los riesgos de vivir cerca de un basurero y poblaciones como la de Alpuyeca en Morelos con un basurero de 9 millones de toneladas son afectadas mortalmente sin que el gobierno y las instituciones de salud se percaten de la gravedad de este hecho.

## EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR METALES PESADOS EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO, USANDO *FICUS BENJAMINA* COMO BIOMONITOR.

Janin Guzmán-Morales<sup>1</sup>, Ofelia Morton-Bermea<sup>2,\*</sup>, Elizabeth Hernández-Alvarez<sup>2</sup>, María Teresa de J. Rodríguez-Salazar<sup>1,3</sup>, Felipe Vázquez Gutiérrez<sup>4</sup>, Luz Patricia Ortega Tenorio<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 México D.F., México.

<sup>2</sup> Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 México D.F., México.

<sup>3</sup> Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 México D.F.,

<sup>4</sup> Instituto de Limnología y Ciencias del Mar, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510

México D.F., México. \* Autor correspondiente

En este estudio se evaluó la calidad ambiental de la zona urbana de la Ciudad de México, en términos de la concentración de metales pesados (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Sb y Pb) en hojas de *Ficus benjamina*.

La validación de la metodología analítica se llevo a cabo empleando dos materiales de referencia certificados (Peach leaves 1547 y Tomato leaves 1573a) del NIST. La cuantificación de los metales pesados se realizó por espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS).

Con los resultados obtenidos: 1) se determinó que *Ficus benjamina*, es un biomonitor apropiado del estatus atmosférico de la zona estudiada, 2) se identificaron fuentes antropogénicas de emisión, así como, fuentes comunes para varios grupos de metales pesados y 3) se generaron mapas geoquímicos que muestran una distribución espacial de los contaminantes no homogénea, en donde las mayores concentraciones se encontraron en el área norte de la zona urbana de la Ciudad de México.

## EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA GEOQUÍMICA-AMBIENTAL DE UNA PRESA DE JALES EN EL ESTADO DE MÉXICO

Liliana Lizárraga-Mendiola<sup>1,2</sup>, Ma. del Refugio González-Sandoval<sup>3</sup>, Ma. del Carmen Durán-Domínguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Área Académica de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Mineral de la Reforma, Hidalgo, 42184. México.

<sup>2</sup> Correo electrónico: [lililga@gmx.net](mailto:lililga@gmx.net)

<sup>3</sup> Programa de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental. Conjunto E, Facultad de Química, UNAM. Paseo de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510 México D.F.

El área de estudio se localiza en el municipio de Zacazonapan, en el estado de México. Existe una mina en la cual se explotan Zn, Pb y Cu de un yacimiento de sulfuros masivos de tipo volcano-sedimentario. El material de desecho (llamado jal) comprende alrededor del 95% del mineral (rico en pirita, FeS<sub>2</sub>) y es transportado como una mezcla semi-líquida hacia la presa de jales, en la cual actualmente se han depositado alrededor de 3 millones de toneladas de jal. Se realizaron pruebas para determinar el potencial de generación de drenajes ácidos de mina (DAM), encontrando que los jales son potencialmente generadores de acidez, debido al alto contenido de pirita presente y a la ausencia de material neutralizante. Los resultados hidrogeoquímicos permiten separar el área en dos zonas: 1) Zona de influencia de la migración de DAM (al Este y Sur de la presa), donde existen valores ácidos de pH (entre 2 y 6) y elementos característicos de DAM tales como Mn, Fe, Cd y SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, detectados en concentraciones que excedieron los límites máximos permisibles (LMP) establecidos

por normas ambientales para consumo humano; y 2) zona fuera de la influencia de la migración de DAM (al Oeste y Norte de la presa), con valores de pH casi neutros (entre 6 y 8) y concentraciones de elementos tales como Mn y Fe, que excedieron los LMP; esto posiblemente debido a un intemperismo natural de las rocas. La mineralogía indica que la pirita y esfalerita fueron los minerales predominantes, mientras que minerales neutralizantes fueron casi nulos. El índice de contaminación (IC), así como el factor de enriquecimiento (FE) cuantificados muestran que los iones que excedieron los LMP fueron As, Cd, Fe, Mn, Pb,  $\text{SO}_4^{2-}$ , y Zn, con valores de IC entre 2.5 y 103.55 veces mayores que el límite (1.0), respecto al agua superficial, mientras que el FE indica que existe contaminación muy similar en suelos aledaños a la presa de jales. La integración de todos los resultados obtenidos permite sugerir que la barrera rocosa que rodea a la presa de jales (compuesta por basaltos, principalmente), no ha ejercido la función de prevenir y aislar la formación del DAM que puede migrar y afectar la calidad de los escurrimientos superficiales y del suelo.

### **DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES POR JALES MINEROS AGUAS ABAJO; VETAGRANDE ZACATECAS, MÉXICO.**

Viviana Eréndira Elías Zavala y Thomas Gunter Kretschmar

*CICESE Ensenada, Baja California, México.*

*velias@cicese.mx,*

La infiltración del agua a las presas provenientes de jales mineros a mantos de aguas freáticas aguas abajo se ha convertido en una preocupación cada vez mayor en cuanto a la calidad del agua. Los jales con residuos metálicos y no metálicos pueden llevar iones metálicos en solución que pueden ser dañinos si el pH es bajo o cuando los sulfuros se oxidan y continuamente disuelven metales que migran al agua del subsuelo. (AIMMGM, 1993). La problemática de los jales en México es abordada desde diferentes enfoques; la recuperación metalúrgica, el uso de los materiales y la evaluación del potencial tóxico. El distrito minero de Zacatecas tiene aproximadamente 200,000 toneladas de jales. Los suelos en Vetagrande son el resultado de la mineralización hidrotermal, vetas originadas por relleno de fallas y fracturas que se asientan en las rocas volcánicas. Los minerales que se encuentran presentes en las minas de la zona principalmente son: anglesita, cerusita, argentita, proustita, galena, esfalerita y calcopirita; la ganga está constituida por pirita, cuarzo, calcita, hematita, limonita y minerales arcillosos que representan una fuente potencial de plomo (CRM, 1991). La dispersión de contaminantes de este tipo y las consecuencias ambientales se han analizado en sedimentos y en material de jale, que son estudiados para indicar los patrones de movilización.

Se tomaron 32 muestras de sedimento de los perfiles de jales, lechos de los arroyos y suelos asegurando cubrir las variaciones en su estado de oxidación. Se obtuvieron 8 muestras de agua superficiales y manantiales. De estas muestras de agua se analizaron los aniones y cationes mayores 15 elementos trazas. Se utilizaron las diversas técnicas de caracterización mineralógica, difracción de rayos X, moda detrítica de areniscas de jale y digestión parcial secuencial de sedimentos con HCl / para determinar los elementos que se encuentran en los sulfatos  $\text{SO}_4$ , y carbonatos  $\text{CO}_3$ , la segunda parte es con  $\text{HNO}_3$  / para determinar los elementos contenidos en sulfuros S, y en los Óxidos para determinar Se, Zn, Cd, As, Cu, Mn, Co, Sb, Na, K, Ca, Mg, Al y otros elementos en la gama entre 100 y 1.000 mg/kg. Dichas. Lectura del residuo de la digestión sedimentos por emisión ICP-OES para análisis cuantitativo de elementos traza. Para las muestras de agua de IC para Aniones y Cationes en ICP-OES.

## METALES PESADOS EN ANILLOS DE CRECIMIENTO DE ÁRBOL – HERRAMIENTA PARA BIOMONITOREO DE ACTIVIDADES METALÚRGICAS

Mónica L. Rodríguez Estrada<sup>1</sup>, Laura E. Beramendi Orosco<sup>2</sup>, Galia González Hernández<sup>3</sup>, Francisco Martín Romero<sup>2</sup>, Ofelia Morton Bermea<sup>3</sup> y Elizabeth Hernández Álvarez<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>2</sup> Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>3</sup> Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México.

\* [laura@geofisica.unam.mx](mailto:laura@geofisica.unam.mx)

El presente trabajo presenta una evaluación del potencial de dos especies de árbol, mezquite (*Prosopis juliflora*) y fresno (*Fraxinus uhdei*), como bioindicadores de la contaminación generada por actividades metalúrgicas. Se muestrearon núcleos de anillos de crecimiento de árboles de ambas especies, en una zona control y en tres sitios dentro de la zona de influencia de la planta de Cobre en la ciudad de San Luis Potosí. Las secuencias fueron fechadas contando los anillos y se separaron en segmentos de 3 y 5 años, posteriormente se digirieron en horno de microondas con HNO<sub>3</sub> Ultrex II concentrado. Se determinaron las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn por Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS) en un PQ3 marca VGEElemental. Los resultados se reportan con un %RSD < 0.4.

En la zona control las concentraciones de Cd varían de 0.03 a 0.05 ppm, Cu de 1 a 1.3 ppm, Pb de 0.35 a 0.66 ppm y Zn de 3.4 a 7 ppm. Para los sitios muestreados dentro de la zona de influencia, el mezquite presenta concentraciones de Cd entre 0.01 y 0.14 ppm, de 0.02 a 9.6 ppm para Cu, de 0.02 a 1.4 ppm para Pb y de 3.4 a 119.5 ppm para Zn. En fresno las concentraciones variaron de 0.06 a 1.8 ppm para Cd, para Cu de 1.0 a 296 ppm, Pb de 0.16-6.8 ppm, y Zn de 0.8-13.1 ppm. El patrón de variación para Cd, Cu y Zn en los mezquites, presenta correlaciones significativas entre dos de los tres sitios muestreados, sugiriendo la misma fuente de contaminación. En el caso de los fresnos únicamente se tiene correlación significativa para el Cu, aunque en uno de los dos sitios muestreados las concentraciones son mayores en un orden de magnitud. Al comparar ambas especies, se observa que el fresno acumula más Cd y Cu que el mezquite, pero para el caso del Zn y Pb es este último el que acumula más. Los resultados encontrados sugieren que ambas especies pueden ser utilizadas como bioindicadores; sin embargo, es necesario considerar factores como el metabolismo de asimilación de metales propio de cada especie.

## EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DIAGRAMAS DE DISCRIMINACIÓN TECTONOMAGMÁTICA Y DE CLASIFICACIÓN DE ROCAS ÍGNEAS ALTERADAS

*Conferencia Magistral*

Surendra P. Verma

*Departamento de Sistemas Energéticos, Centro de Investigación en Energía,  
Universidad Nacional Autónoma de México, Priv. Xochicalco s/no., Col. Centro,  
Temixco, Mor. 62580, Mexico, Email: [spv@cie.unam.mx](mailto:spv@cie.unam.mx)*

Esta conferencia está basada en dos trabajos en prensa, uno por el autor únicamente (Verma, 2009a) y otro por él y sus colaboradores (Verma *et al.*, 2009a), en una revista internacional de alto impacto

indexada en *Science Citation Index*. La idea de evaluar estos tipos de diagramas fue percibida hace ya varios años (Verma, 1996, 1997). Sin embargo, debido a los requerimientos estadísticos planteados, se ha logrado ésta, en forma estadísticamente correcta, sólo recientemente (en 2009), faltándose, entre otros propósitos, la evaluación de diagramas de discriminación para magmas graníticos o félsicos (Pearce *et al.*, 1984).

### Diagramas de discriminación

En el primero de estos trabajos (Verma, 2009a), se trata de la evaluación estadística de tres categorías principales de diagramas de discriminación tectonomagmática que incluyen los siguientes diagramas, todos ellos ampliamente usados en la literatura mundial: I. Cuatro diagramas bivariados (viz., elemento-elemento, elemento-relación elementos, o relación-relación) que son (1) Ti/Y–Zr/Y de Pearce & Gale (1977); (2) Zr–Zr/Y de Pearce & Norry (1979); (3) Ti/1000–V de Shervais (1982); y (4) Nb/Y–Ti/Y de Pearce (1982); II. Seis diagramas ternarios que son (5) Zr–3Y–Ti/1000 de Pearce & Cann (1973); (6) MgO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–FeO<sup>t</sup> de Pearce *et al.* (1977); (7) Th–Ta–Hf/3 de Wood (1980); (8) 10MnO–15P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>–TiO<sub>2</sub> de Mullen (1983); (9) Zr/4–Y–2Nb de Meschede (1986); y (10) La/10–Nb/8–Y/15 de Cabanis & Lecolle (1989); y III. Tres viejos y tres conjuntos de nuevos diagramas de tipo funciones discriminantes que son (11) Score<sub>1</sub>–Score<sub>2</sub> de Butler & Woronow (1986); (12) F<sub>1</sub>–F<sub>2</sub> de Pearce (1976); (13) F<sub>2</sub>–F<sub>3</sub> de Pearce (1976); (14) un conjunto de cinco diagramas basados en elementos mayores (Agrawal *et al.*, 2004); (15) un conjunto de cinco diagramas basados en transformaciones de relaciones logarítmicas de elementos mayores (Verma *et al.*, 2006); y (16) un conjunto de cinco diagramas basados en transformaciones de relaciones logarítmicas de cinco elementos traza relativamente inmóviles (La, Sm, Yb, Nb y Th; Agrawal *et al.*, 2008).

Primeramente, las bases de datos geoquímicos de rocas frescas de edad del Mioceno al Reciente, provenientes de arcos de isla, tras-arcos, rifts continentales, islas oceánicas, y crestas mid-oceánicas, fueron establecidas. Luego, los tipos de rocas y de magmas y los datos ajustados fueron inferidos a partir del programa de computación SINCLAS (Verma *et al.*, 2002, 2003). Aunque algunos de los diagramas bivariados y ternarios existentes proporcionaron información útil, ninguno de ellos fue totalmente satisfactorio dado que los éxitos (*success rates*) variaron de valores muy bajos (1.1%-41.6%) a solamente valores moderados (63.6%-78.1%; rara vez excediendo a estos porcentajes). Aunado a esto, los diagramas viejos se caracterizan generalmente por una base estadística errónea con problemas de campos cerrados o de suma constante, característicos de datos composicionales (Aitchison, 1986), y por fronteras subjetivas obtenidas con el ojo y no basadas en probabilidades estadísticas (Agrawal, 1999).

Es importante mencionar que la evaluación objetiva de algunos diagramas de discriminación tectónica para rocas sedimentarias ha puesto de manifiesto su funcionamiento deficiente (Armstrong-Altrin & Verma, 2005). Este trabajo, ya ampliamente citado en la literatura de rocas sedimentarias, señala también la necesidad de proponer nuevos diagramas de discriminación mediante una metodología estadística apropiada (ver Agrawal & Verma, 2007).

Todos los diagramas para rocas volcánicas basados en dos variables o variables ternarios, por lo tanto, deben ser abandonados y reemplazados por diagramas nuevos de tipo funciones discriminantes propuestos durante 2004-2009 para este tipo de rocas. Estos diagramas, en especial aquellos propuestos entre 2006 y 2009, basados en una metodología estadística correcta y con fronteras obtenidas por iguales probabilidades estadísticas, demuestran muy alto éxito (generalmente entre 83.4% y 99.2%) para rocas básicas y ultrabásicas de cuatro ambientes tectónicos. Y, por

consecuencia, deberán ser adoptados como los mejores conjuntos de diagramas para la discriminación tectonomagmática disponibles en la actualidad para determinar los ambientes tectónicos.

### **Aplicación de los nuevos diagramas de discriminación**

Se presentarán algunos ejemplos de aplicación para rocas de diversas partes del mundo, incluyendo México. Como ejemplo, para el Cinturón Volcánico Mexicano (CVM) en particular y el sur de México en general, se ha visto reforzada la propuesta inicial de un ambiente tectónico de extensión, en lugar de la subducción, basada en datos geoquímicos e isotópicos (Verma, 1983, 2002; Verma y Aguilar-Y-Vargas, 1988) y en modelado inverso cuantitativo de elementos traza (Velasco-Tapia y Verma, 2001; Verma, 2004, 2006). Esta propuesta se basa en el uso de los nuevos diagramas de discriminación tectonomagmática así como un análisis muy exhaustivo de toda la evidencia geológica-geoquímica-geofísica y la aplicación de conceptos estadísticos fundamentales (ver Verma, 2009b). Se ha criticado en este último trabajo, en forma objetiva, todo aquello que se dice apunta a otros modelos, en especial, los de subducción. Este trabajo se encuentra disponible, en forma gratuita, del sitio de Internet de la revista *The Open Geology Journal*. De igual manera, se invita a toda la comunidad científica, tanto mexicana como de otros países, con la finalidad de que, en caso de no estar de acuerdo, critiquen académicamente la interpretación del ambiente tectónico de *rift* para el CVM. El autor de esta ponencia cree firmemente en que un avance notable se puede lograr en manejar, en forma objetiva, las divergencias del pensamiento. El ignorar las ideas contrarias o no mantener objetividad, no nos llevaría muy lejos.

### **Diagramas de clasificación**

El segundo trabajo (Verma *et al.*, 2009a), en el cual se basa la presente conferencia, se trata con la evaluación de diagramas de clasificación propuestos para rocas ígneas alteradas (Floyd & Winchester, 1975, 1978; Winchester & Floyd, 1976, 1977). La Unión Internacional de Ciencias Geológicas (*International Union of Geological Sciences*–IUGS) ha divulgado recomendaciones para la clasificación de rocas volcánicas frescas (Le Bas *et al.*, 1986; Le Bas, 2000; Le Maitre *et al.*, 2002). Sin embargo, la IUGS no ha especificado nada con respecto a la clasificación de rocas volcánicas alteradas, con la excepción de desalentar el uso del diagrama TAS (Total Álcalis *versus* Sílice). El diagrama de Nb/Y–Zr/TiO<sub>2</sub> evaluado (Winchester & Floyd, 1977) ha estado en uso para la clasificación de rocas alteradas durante más de 30 años. Recientemente, otro diagrama ha sido propuesto para reemplazar este diagrama viejo, particularmente para rocas alteradas de arcos (Hastie *et al.*, 2007). Se llevó a cabo una evaluación objetiva de estos diagramas y se demostró que ninguno de los diagramas existentes propuestos para la clasificación de rocas alteradas funciona adecuadamente para la clasificación de rocas frescas, lo cual hace inimaginable si estos pudieran funcionar para rocas alteradas. Esto hace evidente una carencia importante de criterios geoquímicos para la clasificación o nomenclatura de rocas ígneas alteradas.

### **Requerimientos estadísticos**

Nuevos trabajos en la línea de investigación de diagramas de discriminación tectónica se deben desarrollar para proponer nuevos diagramas de discriminación para otros tipos de magmas, por ejemplo, magma de composición intermedia o para rocas sedimentarias. De igual forma, existe una necesidad urgente de proponer nuevos diagramas de clasificación que pudieran proporcionar una nomenclatura a rocas alteradas compatible con la de las rocas frescas.

Todo esto requerirá las metodologías estadísticas adecuadas para el manejo de datos composicionales (Aitchison, 1986). Se han logrado avances estadísticos importantes en el área de nuevos diagramas de discriminación (Agrawal, 1999; Agrawal & Verma, 2007). En este contexto, el uso de las pruebas de discordancia (Barnett & Lewis, 1994; Verma, 2005) con valores críticos nuevos, más precisos y exactos (Verma & Quiroz-Ruiz, 2006a, b, 2008; Verma *et al.*, 2008; Verma, 2009c), en combinación con el análisis discriminantes sería un logro novedoso a nivel mundial. Las pruebas tienen diferentes eficiencias globales (González-Ramírez *et al.*, 2009; Verma *et al.*, 2009b). Sin embargo, mientras que no tengamos una idea clara de sus subdivisiones en cuatro o cinco probabilidades (Barnett & Lewis, 1994), sería aconsejable aplicar todas las pruebas de discordancia a determinadas muestras estadísticas.

### **Futuras investigaciones**

En resumen, se requiere establecer una base de datos, la más completa posible, que fuera representativa para proponer nuevos diagramas de discriminación o de clasificación. Esta actividad deberá ser seguida por la evaluación estadística de los parámetros químicos presentes en la base de datos. Finalmente, se requiere la aplicación de las metodologías estadísticas adecuadas y correctas para el manejo de datos composicionales.

Una nueva tesis doctoral, en su fase inicial, por un estudiante indú –el M.C. Sanjeet Kumar Verma– becado por la Secretaría de Relaciones Exteriores de México para realizar sus estudios bajo la supervisión del autor de esta ponencia, abordará este tema de discriminación y clasificación para rocas ígneas. Es probable que el Dr. K. Pandarinath también participe en este proyecto con el fin de lograr un avance rápido. De igual manera, la participación de los Doctores John S. Armstrong-Altrin y J. Madhavaraju reforzará el desarrollo de nuevos diagramas de discriminación para rocas sedimentarias. De esta manera, se espera contar con un avance cuantioso en esta área de investigación considerada prioritaria para la geoquímica a nivel mundial.

### **Referencias**

- Agrawal, S. 1999. Geochemical discrimination diagrams: a simple way of replacing eye-fitted boundaries with probability based classifier surfaces. *Journal of the Geological Society of India* 54, 335-346.
- Agrawal, S. & Verma, S.P. 2007. Comment on "Tectonic classification of basalts with classification trees" by Pieter Vermeesch (2006). *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71, 3388-3390.
- Agrawal, S., Guevara, M. & Verma, S.P. 2004. Discriminant analysis applied to establish major-element field boundaries for tectonic varieties of basic rocks. *International Geology Review* 46, 575-594.
- Agrawal, S., Guevara, M. & Verma, S.P. 2008. Tectonic discrimination of basic and ultrabasic rocks through log-transformed ratios of immobile trace elements. *International Geology Review* 50, 1057-1079.
- Aitchison, J. 1986. *The statistical analysis of compositional data*. Chapman and Hall, London New York, pp. 416.
- Armstrong-Altrin, J.S. & Verma, S.P. 2005. Critical evaluation of six tectonic setting discrimination diagrams using geochemical data of Neogene sediments from known tectonic settings. *Sedimentary Geology* 177, 115-129.
- Barnett, V. & Lewis, T. 1994. *Outliers in statistical data*. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 584.

- Butler, J.C. & Woronow, A. 1986. Discrimination among tectonic settings using trace element abundances of basalts. *Journal of Geophysical Research* 91, 10289-10300.
- Cabanis, B. & Lecolle, M. 1989. Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8: un outil pour la discrimination des séries volcaniques et la mise en évidence des processus de mélange et/ou de contamination crustale. *Comptes Rendus Academie de Sciences Paris Serie II* 309, 2023-2029.
- Floyd, P.A. & Winchester, J.A. 1975. Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. *Earth and Planetary Science Letters* 27, 211-218.
- Floyd, P.A. & Winchester, J.A. 1978. Identification and discrimination of altered and meta-morphosed volcanic rocks using immobile elements. *Chemical Geology* 21, 291-306.
- González-Ramírez R., Díaz-González L. & Verma S.P. 2009. Eficiencia relativa de 15 pruebas de discordancia con 33 variantes aplicadas al procesamiento de datos geoquímicos. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 26, 501-515.
- Hastie, A.R., Kerr, A.C., Pearce, J.A. & Mitchell, S.F. 2007. Classification of altered volcanic island rocks using immobile trace elements: development of the Th-Co discrimination diagram. *Journal of Petrology* 48, 2341-2357.
- Le Bas, M.J. 2000. IUGS reclassification of the high-Mg and picritic volcanic rocks. *Journal of Petrology* 41, 1467-1470.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. & Zanettin, B. 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology* 27, 745-750.
- Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M.J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, G., Dudek, A., Schmid, R., Sorensen, H. & Woolley, A.R. 2002. *Igneous rocks. A classification and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee of the Systematics of Igneous Rocks*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 236.
- Meschede, M. 1986. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology* 56, 207-218.
- Mullen, E.D. 1983. MnO/TiO<sub>2</sub>/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: a minor element discrimination for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters* 62, 53-62.
- Pearce, J.A. 1976. Statistical analysis of major element patterns in basalts. *Journal of Petrology* 17, 15-43.
- Pearce, J.A. 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe, R.S. (ed), *Andesites*. John Wiley & Sons, Chichester, 525-548.
- Pearce, J.A. & Cann, J.R. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Science Letters* 19, 290-300.
- Pearce, J.A. & Gale, G.H. 1977. Identification of ore-deposition environment from trace-element geochemistry of associated igneous host rocks. *Geological Society, London, Special Publication* 7, 14-24.
- Pearce, J.A. & Norry, M.J. 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 69, 33-47.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. & Tindle, A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology* 25, 956-983.
- Pearce, T.H., Gorman, B.E. & Birkett, T.C. 1977. The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks. *Earth and Planetary Science Letters* 36, 121-132.
- Shervais, J.W. 1982. Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. *Earth and Planetary Science Letters* 59, 101-118.

- Velasco-Tapia, F., Verma, S.P. 2001. First partial melting inversion model for a rift-related origin of the Sierra de Chichinautzin volcanic field, central Mexican Volcanic Belt. *International Geology Review* 43, 788-817.
- Verma, S.P. 1983. Magma genesis and chamber processes at Los Humeros caldera, Mexico - Nd and Sr isotope data. *Nature* 301, 52-55.
- Verma, S.P. 1996. Uso y abuso de los diagramas de discriminación (Use and abuse of discrimination diagrams). *Actas INAGEQ* 2, 17-22.
- Verma, S.P. 1997. Estado actual de los diagramas de clasificación magmática y de discriminación tectónica (Present state of magmatic classification and tectonic discrimination diagrams). *Actas INAGEQ* 3, 49-78.
- Verma, S.P. 2002. Absence of Cocos plate subduction-related basic volcanism in southern Mexico: a unique case on Earth? *Geology* 30, 1095-1098.
- Verma, S.P., 2004. Solely extension-related origin of the eastern to west-central Mexican Volcanic Belt (Mexico) from partial melting inversion model. *Current Science* 86, 713-719.
- Verma, S.P. 2005. Estadística básica para el manejo de datos experimentales: aplicación en la Geoquímica (Geoquimiometría) (Basic statistics for the handling of experimental data: application in geochemistry (geochemometrics)). Universidad Nacional Autónoma de México, México City, pp. 186.
- Verma, S.P. 2006. Extension related origin of magmas from a garnet-bearing source in the Los Tuxtlas volcanic field, Mexico. *International Journal of Earth Sciences* 95, 871-901.
- Verma, S.P. 2009a. Statistical Evaluation of Bivariate, Ternary and Discriminant Function Tectonomagmatic Discrimination Diagrams. *Turkish Journal of Earth Sciences* (en prensa).
- Verma, S.P. 2009b. Continental rift setting for the central part of the Mexican Volcanic Belt: A Statistical Approach. *Open Geology Journal* 3, 8-29.
- Verma, S.P. 2009c. Evaluation of polynomial regression models for the Student t and Fisher F critical values, the best interpolation equations from double and triple natural logarithm transformation of degrees of freedom up to 1000, and their applications to quality control in science and engineering. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 26, 79-92.
- Verma, S.P. & Aguilar-Y-Vargas, V.H., 1988. Bulk chemical composition of magmas in the Mexican Volcanic Belt (Mexico) and inapplicability of generalized arc-models. *Chemie der Erde* 48, 203-221.
- Verma, S.P. & Quiroz-Ruiz, A. 2006a. Critical values for six Dixon tests for outliers in normal samples up to sizes 100, and applications in science and engineering. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 23, 133-161.
- Verma, S.P. & Quiroz-Ruiz, A. 2006b. Critical values for 22 discordancy test variants for outliers in normal samples up to sizes 100, and applications in science and engineering. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 23, 302-319.
- Verma, S.P. & Quiroz-Ruiz, A. 2008. Critical values for 33 discordancy test variants for outliers in normal samples for very large sizes of 1,000 to 30,000 and evaluation of different regression models for the interpolation and extrapolation of critical values. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 25, 369-381.
- Verma, S.P., Torres-Alvarado, I.S. & Sotelo-Rodríguez, Z.T. 2002. SINCLAS: standard igneous norm and volcanic rock classification system. *Computers & Geosciences* 28, 711-715.
- Verma, S.P., Torres-Alvarado, I.S. & Velasco-Tapia, F. 2003. A revised CIPW norm. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen* 83, 197-216.

- Verma, S.P., Guevara, M. & Agrawal, S. 2006. Discriminating four tectonic settings: five new geochemical diagrams for basic and ultrabasic volcanic rocks based on log-ratio transformation of major-element data. *Journal of Earth System Science* 115, 485-528.
- Verma, S.P. & Quiroz-Ruiz, A. & Díaz-González, L. 2008. Critical values for 33 discordancy test variants for outliers in normal samples up to sizes 1000, and applications in quality control in Earth Sciences. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 25, 82-96.
- Verma, S.P., Rodríguez-Ríos, R. & González-Ramírez, R. 2009a. Statistical evaluation of classification diagrams for altered igneous rocks. *Turkish Journal of Earth Sciences* (en prensa).
- Verma, S.P., Díaz-González, L. & González-Ramírez, R. 2009b. Relative efficiency of single-outlier discordancy tests for processing geochemical data on reference materials and application to instrumental calibrations by a weighted least-squares linear regression model. *Geostandards and Geoanalytical Research* 33, 29-49.
- Winchester, J.A. & Floyd, P.A. 1976. Geochemical magma type discrimination: application to altered and metamorphosed basic igneous rocks. *Earth and Planetary Science Letters* 28, 459-469.
- Winchester, J.A. & Floyd, P.A. 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology* 20, 325-343.
- Wood, D.A. 1980. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters* 50, 11-30.

## COMPOSICIÓN GEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DE LAS ROCAS VOLCÁNICAS DE LA FORMACIÓN TEPOZTLÁN, ESTADOS DE MÉXICO Y MORELOS

Ignacio S. Torres-Alvarado<sup>1</sup>, Nils Lenhardt<sup>2</sup>, Matthias Hinderer<sup>2</sup>, Jens Hornung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Energía, UNAM, <sup>2</sup>Institut für Angewandte Geowissenschaften, Technische Universität Darmstadt, Alemania, Email: ita@cie.unam.mx

Se presenta la primera caracterización geoquímica (elementos mayores y traza, así como isótopos de Sr, Nd y Pb) de rocas volcánicas del Mioceno Temprano pertenecientes a la Formación Tepoztlán (FT), en la parte central del Cinturón Volcánico Mexicano. La FT abarca una amplia gama de rocas volcánicas (flujos de lava y rocas piroclásticas) y sus productos secundarios debido a transporte por flujo de masa (lahares), así como rocas formadas por procesos fluviales. Esta secuencia puede alcanzar hasta 800 m de espesor. Estudios magnetoestratigráficos combinados con dataciones por K/Ar y Ar/Ar revelaron una edad de Mioceno Temprano (22.75-18.78 Ma) para esta Formación.

Las rocas volcánicas de la FT se encuentran en forma de flujos de lava, flujos piroclásticos y diques, o bien como clastos en los lahares. Las rocas volcánicas presentan una composición química desde andesitas basálticas hasta riolitas, con un claro predominio de andesitas y dacitas. Todas las muestras analizadas son subcalcinas y normativas en hiperstena. Estas rocas muestran patrones homogéneos de elementos de las tierras raras (REE) con enriquecimiento en tierras raras ligeras y concentraciones mayores de LILE con respecto a HFSE. Las concentraciones de elementos mayores y traza muestran que procesos de asimilación de corteza continental heterogénea y cristalización fraccionada son importantes procesos en la evolución de los magmas que dieron lugar a las rocas volcánicas de la FT.

La composición isotópica de estas rocas varía para  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  entre 0.703760 y 0.704436, para  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  entre 0.512794 y 0.512913, y para  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  y  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  entre 18.578 y 18.689, 15.555 y 15.589, y 38.223 y 38.412, respectivamente. Por sus características isotópicas de Sr

y Nd, las rocas volcánicas de la FT se agrupan dentro del arreglo del manto. Los datos geoquímicos e isotópicos indican que estas rocas se originaron a partir de un manto heterogéneo. Probablemente, estos magmas evolucionaron por procesos de asimilación de corteza y posteriormente, por cristalización fraccionada en la corteza superior.

### **LA SIERRA BASOMARI: VOLCANISMO POTÁSICO DEL MIOCENO INFERIOR EN EL NE DE SONORA, MÉXICO.**

Francisco A. Paz Moreno<sup>1</sup>, Edith Jobin<sup>1</sup> & Alain Demant<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México [fpaz@ciencias.uson.mx](mailto:fpaz@ciencias.uson.mx)

<sup>2</sup>Laboratoire de Pétrologie Magmatique, Université Paul Cézanne, Marseille, France

La Sierra Basomari se localiza en el borde occidental del valle San Bernardino dentro de la cuenca tectónica distensiva de los ríos Batepito-Bavispe. Se trata de una vasta meseta de derrames sobrepuestos de lava de más de 30 km. de largo, que se encuentra tectonizada y basculada hacia el este. Los derrames cubren una superficie de *ca.* 275 Km<sup>2</sup>, algunas estimaciones conservadoras le atribuyen un volumen del orden de 14 Km<sup>3</sup>, sin embargo se encuentran localmente acumulaciones que sobrepasan los trescientos metros de potencia. El fechamiento <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar sobre una lava intermedia dió una edad plateau de 22.2 ± 0.9 Ma

Las lavas de la Sierra Basomari varían en composición de traquibasaltos (49.7 SiO<sub>2</sub>) a traquiandesitas (59.5 SiO<sub>2</sub>). Las plagioclasas son máficas (bitownita a labradorita), presenta clinopiroxenos de tipo augita rica en Ca, pero la salita está presente en los términos máficos. El olivino está presente en todas las lavas pero con valores en forsterita muy bajos < Fo<sub>75</sub> para lavas máficas, Fo<sub>50</sub> en los términos intermedios y hasta Fo<sub>15</sub> para las más diferenciadas.

Geoquímicamente son lavas saturadas a pobremente sobresaturadas en sílice, con *Oz normativo* ausente en las lavas máficas y poco abundante en las félsicas. Esta baja saturación en sílice puede explicar en parte la persistencia del olivino en estas lavas. Son pobres en TiO<sub>2</sub> <1.75, ricos en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> >>0.47 y en K<sub>2</sub>O > 2.5 y con un valor constante en la relación Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O entre [1.5-1.1]. Las lavas sobre el diagrama TAS se distribuyen en los tres campos intermedios y aplicando los discriminantes del mismo diagrama, sobre la base de los altos contenidos en álcalis, particularmente en K<sub>2</sub>O que los ubica en el dominio de *fuertemente potásicos*, y permite clasificarlos como: traquibasaltos potásicos o absarokitas, shoshonitas y latitas, atribuibles a la serie magmática Shoshonítica.

El diagrama de tierras raras normalizado a condritas C1 para estas lavas, muestra espectros con una pendiente muy pronunciada y enriquecida en LREE que puede sugerir la presencia de granate residual en la fuente, por otro lado se aprecia una leve anomalía negativa en Eu para los términos más diferenciados. El diagrama multielemental normalizado a manto primitivo, pone en manifiesto una marcada anomalía negativa en Nb y Ta, en todos los espectros, que la relaciona con procesos de subducción.

## PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE LA UNIDAD VOLCÁNICA CERRO PRIETO, RAYÓN: COMPARACIÓN CON EL VOLCANISMO POTÁSICO DEL OLIGOCENO-MIOCENO DE SONORA.

Alejandra Marisela Gómez-Valencia<sup>1</sup>, Jesús Roberto Vidal-Solano<sup>1</sup>, Judith Castillon-González<sup>1</sup>, Angel Enrique Olgún-Villa<sup>1</sup>, y Ricardo Enrique Ortega-Ochoa<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México. [alejandram.gomezv@correoa.uson.mx](mailto:alejandram.gomezv@correoa.uson.mx)

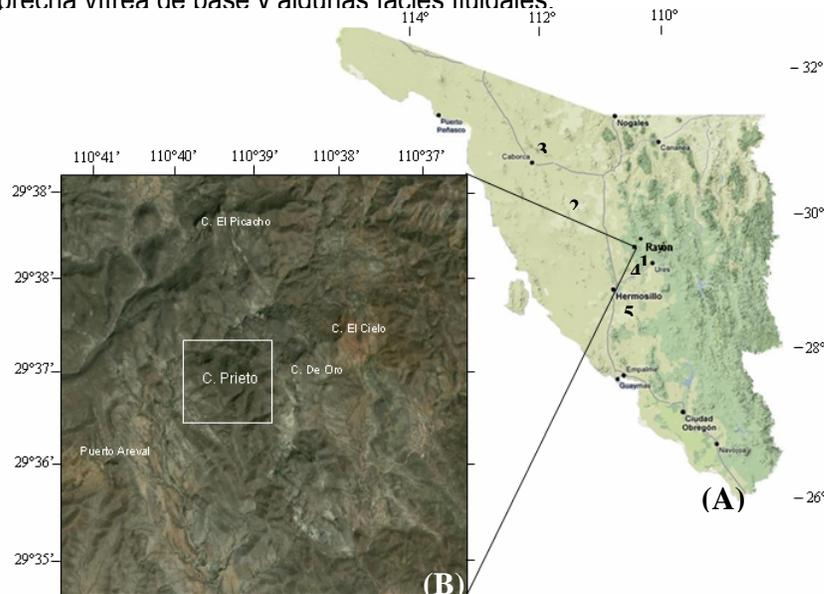
### Introducción

Fuera del los imponentes volúmenes de ignimbritas que conforman la Sierra Madre Occidental, diversas manifestaciones volcánicas de una naturaleza variada, Oligiceno tardío-Mioceno temprano, afloran ampliamente en la parte central-oeste de Sonora. Este volcanismo de afinidad orogénica ocurre, excepcionalmente, asociado a un episodio tectónico distensivo caracterizado, en parte, por la exhumación del batolito laramídico y el establecimiento de cuencas endorreicas rellenas por una vasta sedimentación detrítica con la insistente presencia de intercalaciones basálticas. Estas formaciones volcánicas de afinidad orogénica pueden dividirse en dos grupos de acuerdo a sus características geoquímicas: a) un primer grupo de tipo calcoalcalino potásico y, b) un segundo grupo, de tipo shoshonítico.

El presente trabajo tiene como objetivo principal la caracterización petrográfica y geoquímica de una secuencia volcánica que aflora en la localidad de Cerro Prieto, ubicada en la región de Rayón, Sonora. De la misma manera, se pretende aquí establecer una correlación petrológica con otras unidades de la misma afinidad que han sido reportadas en el Estado.

### Ubicación y descripción de la unidad volcánica

El área de estudio comprende una localidad denominada *Cerro Prieto*, la cual se ubica al Suroeste del poblado de Rayón, aproximadamente a 60 Km al Noreste de la ciudad de Hermosillo, Sonora (Figura 1). En esta localidad, que fisiográficamente ocurre alineada en dirección NW-SE, en una extensión aproximada de 4 Km, aflora un apilamiento de aproximadamente 100m de al menos 6 derrames andesíticos con textura fluidal, porfíricos a glomeroporfíricos, con fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno y olivino. Estos flujos sobreyacen a una potente serie de tufitas y depósitos detríticos arenosos a conglomeráticos, con intercalaciones de derrames basálticos y tobas félsicos, que puede ser correlacionada con la Formación Báucarit. La secuencia volcánica estudiada fue sistemáticamente muestreada, incluyendo diversas facies en las coladas, como son su brecha vítrea de base y algunas facies fluidales.

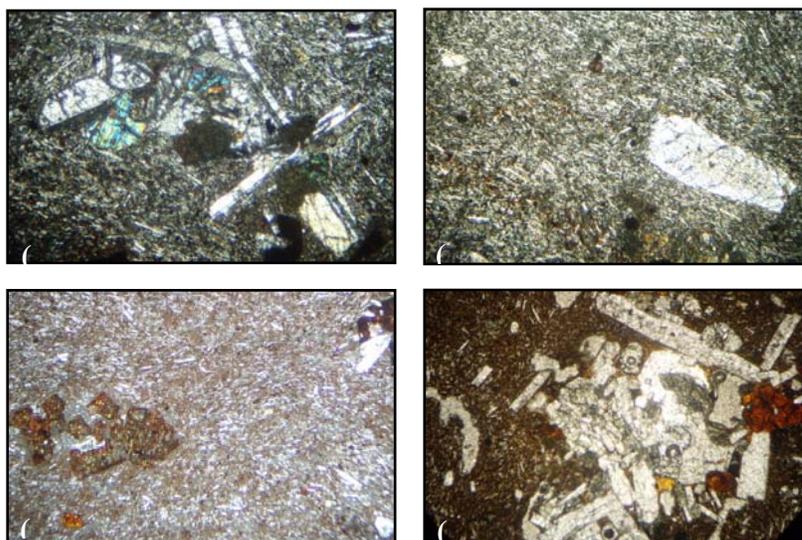


**Figura 1.-** Localización del área de estudio: (A) fisiografía del Estado de Sonora; 1, localidad del Volcanismo de Cerro Prieto, Rayón; 2, Sierrita Prieta, Trincheras; 3, afloramientos al norte de Caborca; 4, afloramientos de San Miguel de Horcasitas; 5, afloramientos de Cerro Prieto, La Colorada. (B) Imagen satelital mostrando la ubicación del Cerro Prieto en el área de Rayón.

## Resultados

### Petrografía

Un total de 11 muestras fueron necesarias para la elaboración de láminas delgadas. En ellas se observa, que estas lavas intermedias son principalmente vítreas y, se caracterizan por presentar texturas porfídicas a glomeropordicas (Tabla 1), con una abundante variedad de combinaciones, en cuanto a glómeros se refiere ( $PI > Opx=Cpx > Ol$ ,  $PI > Opx=Cpx$ ,  $PI > Cpx > Opx=Ol$ ,  $PI > Cpx > Opx > Ol$  y  $PI > Ol > Cpx$ ), siendo la plagioclasa el fenocristal dominante. Por lo general, los glómeros presentan mayor tamaño y abundancia en las coladas-brecha de la base de la secuencia (CPR09-03 y CPR09-04, Figura 2D). Por otro lado, los derrames de la cima, contienen más fenocristales de olivino (por lo regular iddignsitizado) y de mayor dimensión. En estas lavas, ocasionalmente este mismo mineral, ocurre de forma tardía dentro de bandas de flujo (Figura 2B, ej. banda marrón).



**Figura 2.-** Fotografías de secciones delgadas (25X) de las lavas estudiadas en Cerro Prieto: (A) muestra CPR09-01 mostrando uno de los glómeros de  $PI > Opx=Cpx$ ; (B) muestra CPR09-01 mostrando, una banda marrón de flujo donde ocurren pequeños cristales de olivino iddignsitizado y, un fenocristal de plagioclasa con textura nublada; (C) muestra CPR09-09 exponiendo un fenocristal esqueletal de olivino con bordes iddignsitizados; (D) muestra CPR09-03 mostrando uno de los glómeros de  $PI > Cpx > Opx > Ol$ .

Las plagioclasas, presentes tanto como fenocristales, glómeros o hasta en la matriz, forman cristales automorfos que son consistentemente de la misma variedad (Oligoclasa,  $An_{10-30}$ ). En algunos casos, es posible apreciar fenocristales con texturas nubladas o en criba (muestra CPR09-01, Figura 2B).

El ortopiroxeno y clinopiroxeno aparecen solo formando fenocristales y glómeros con un desarrollo de cristales subidiomorfos a alotomorfos. El olivino, aunque ocurre tanto en fenocristales, glómeros y en la matriz, presenta cristales frecuentemente alotomorfos e iddignsitizados. Al grado que, se han identificado claramente fenocristales, que prácticamente, se han convertido en opacos. Sin embargo, también han sido observados, por una parte, algunos olivinos frescos con bordes iddignsitizados y, por otra, otros que presentan texturas esqueletales (muestra CPR09-05, CPR09-09 y CPR09-11, Figura 2C).

En algunos de los glómeros, ha sido posible el establecimiento de una historia de cristalización, debido en parte, a la forma y al tamaño de los cristales que los integran. Estos, comienzan con la cristalización de plagioclasa, posteriormente, cristaliza el ortopiroxeno, seguido de la aparición de clinopiroxeno y, finalmente la ocurrencia de olivino en una posición tardía.

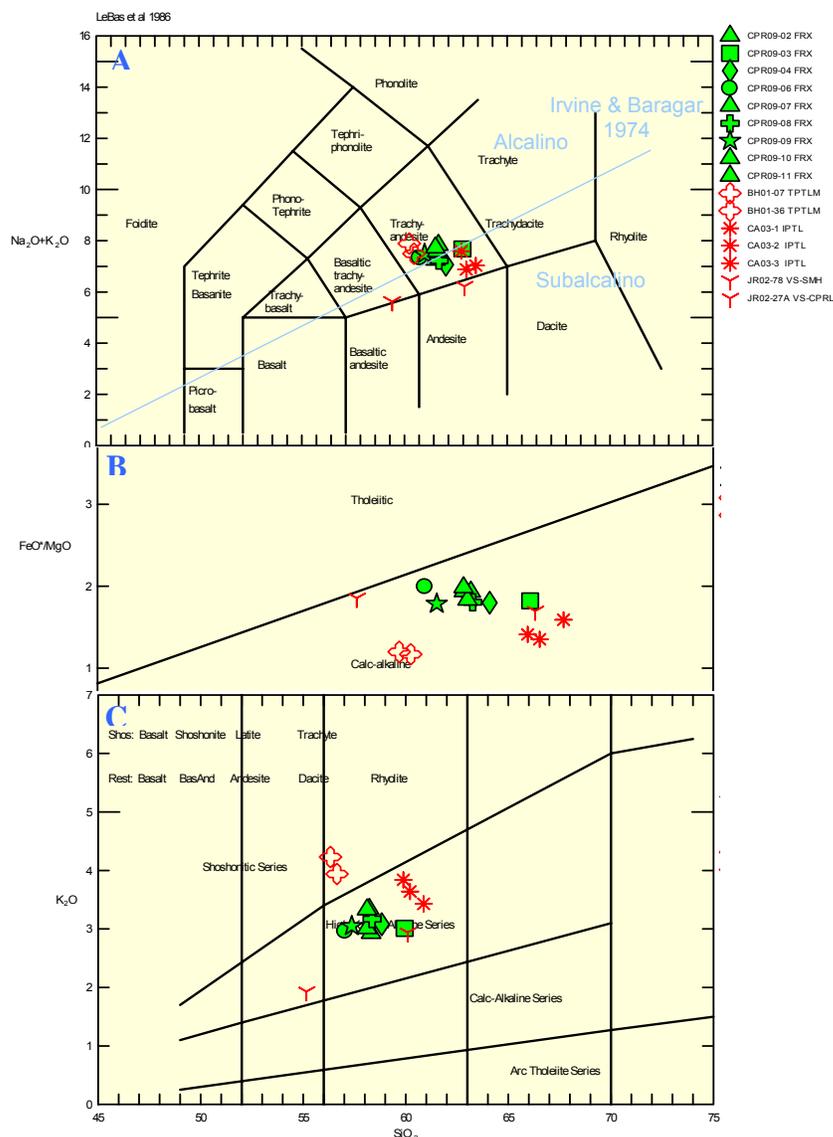
Las evidencias de reacción en la mineralogía de estas lavas y la presencia de varias facies cristalinas, sugiere una posible interacción de al menos dos líquidos magmáticos de composiciones contrastantes. Ejemplo de ello es la existencia de plagioclasas nubladas y la sustitución del olivino por óxidos de Fe-Ti.

**Tabla 1.-** Petrografía representativa de las principales facies identificadas en Cerro Prieto.

Muestra	Facies del derrame	Textura	Glómeros	Matriz
CPR09-01	Nivel Fluidal	Porfírica ligeramente glomeroporfírica fluidal.	PI > Opx=Cpx +/- Ol	Afieltrada con microlitos de PI > Ol > OxFe-Ti > Opx
CPR09-03	Brecha de base	Vesicular glomeroporfírica a porfírica	PI>Ol>Cpx>Opx	Afieltrada con microlitos de PI > OxFe-Ti > Ol
CPR09-04	Brecha de base	Vesicular glomeroporfírica a porfírica	PI > Cpx > Opx=Ol	Afieltrada con microlitos de PI > OxFe-Ti > Ol
CPR09-06	Nivel superior	Glomeroporfírico a porfírico vesicular	PI > Cpx > Opx=Ol y PI > Cpx > Opx	Afieltrada con microlitos de PI > Ol > OxFe-Ti
CPR09-08	Nivel superior	Glomeroporfírica a porfírica	PI > Cpx > Opx=Ol y PI > Cpx > Ol	Afieltrada con microlitos PI > Cpx > OxFe-Ti
CPR09-09	Nivel medio	Glomeroporfírico a porfírico	PI > Ol > Cpx	Afieltrada con microlitos PI > OxFe-Ti > Ol

### Geoquímica

Un total de 9 muestras fueron preparadas y analizadas por elementos mayores y algunos traza, mediante un espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X (FRX, Bruker-SRS3400) en el Laboratorio de Cristalografía y Geoquímica del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora. Los valores obtenidos fueron posteriormente recalculados en base anhidra y graficados haciendo uso del programa IGPET 2007. Las concentraciones de REE y de todos los elementos traza, solo fueron determinadas por ICP-MS en un laboratorio comercial (Chemex ALS), para 5 muestras previamente seleccionadas, contemplando la distribución de los valores obtenidos por FRX.



**Figura 3.- (A)** Diagrama TAS (álcalis totales vs Sílice) propuesto por Le Bas 1986, con la línea discriminante de Irvine & Baragar 1974. **(B)** Diagrama de discriminación entre serie calcoalcalina y toleítica [ $SiO_2$  vs  $(FeO/Mg)$ ] propuesto por Miyashiro 1974 y **(C)** Diagrama [ $K_2O$  vs  $SiO_2$ ] propuesto por Pecerrillo & Taylor 1976.

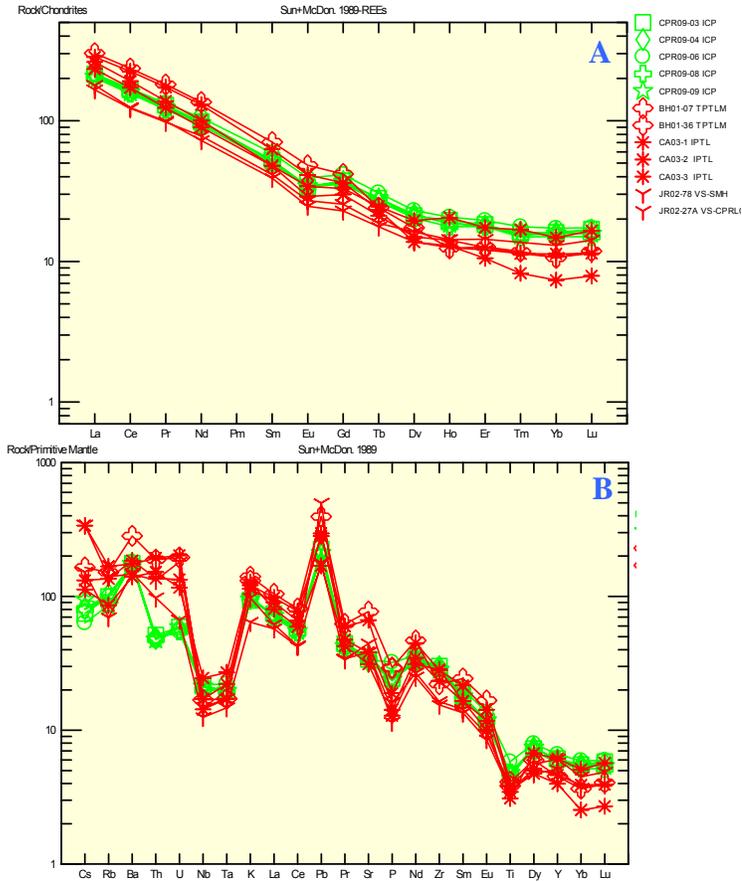
Las características geoquímicas que permiten clasificar a estas lavas intermedias son apreciadas en el diagrama TAS propuesto por Le Bas 1986 (Figura 3A). En este diagrama, se observa que las rocas se ubican, entre el dominio alcalino y subalcalino (marcado por la línea de Irvine y Baragar, 1974), dentro del campo de las traquiandesitas, precisando que se trata de verdaderas latitas, dado sus altos valores en  $K_2O$  que superan al discriminante  $Na_2O-2$ . Estas latitas, presentan entre sí, contenidos muy similares en  $SiO_2$  y valores de  $FeO/MgO$  bajos (Miyashiro 1974), mostrando que se trata de rocas pertenecientes a la serie calcoalcalina (Figura 3B). Esta afinidad química es precisada en el diagrama propuesto por Pecerrillo y Taylor 1976 (Figura 3C), para rocas volcánicas de arco, destacando que este tipo de lavas intermedias se ubican en el campo de la serie calcoalcalina alta en

potasio. El diagrama de Tierras Raras (Figura 4A) normalizado a condrita, según Sun y McDonough 1989, muestra los espectros de las rocas volcánicas estudiadas, en comparación con los de las rocas orogénicas reportadas en Sonora. En ellos, se puede observar un paralelismo insinuadamente asociado a un vínculo genético entre todos estos magmas. Se trata de espectros en forma de L, con una pendiente pronunciada marcada por el enriquecimiento en LREE. Una incipiente anomalía negativa en Eu, sugiere un bajo fraccionamiento de plagioclasa en estos magmas. La concentración de HREE es menos importante y con pocas variaciones, lo que imprime al espectro una cierta horizontalidad.

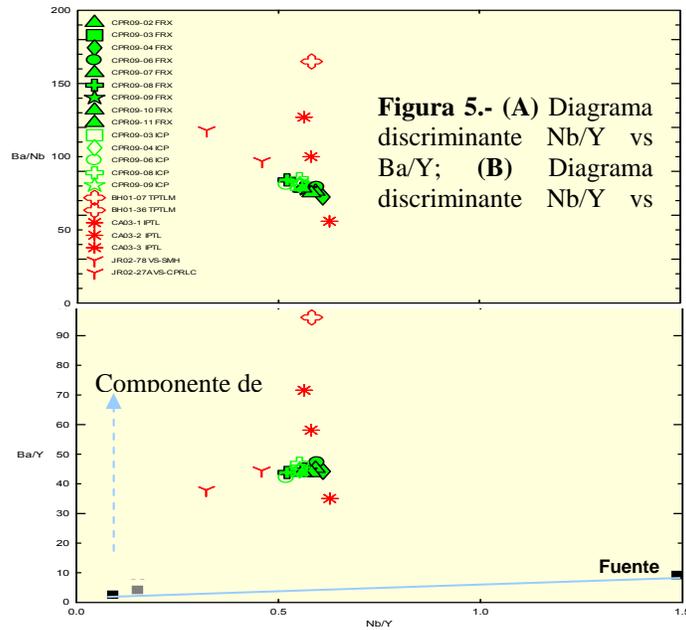
La utilización del diagrama multielementos normalizado con el manto primitivo (Figura 4B), confirma, primeramente, una similitud en las concentraciones de elementos traza de todas las lavas (arreglo espectral uniforme) y, segundo, un enriquecimiento progresivo de elementos más incompatibles. Estas firmas presentan anomalías negativas en Nb-Ta, anomalías que son características de los magmas asociados a un contexto de subducción. Se puede notar también, anomalías negativas en Sr, P y Ti, que aumentan con el grado de diferenciación de los magmas, sin embargo, la persistencia de las anomalías positivas en Pb y Ba ocurre de manera independiente a este fenómeno. Estos rasgos pueden deberse a una asimilación cortical o probablemente al metasomatismo de la fuente mantélica. Por otra parte, los bajos cocientes en Sr/Y, en comparación con los altos valores de Y en estas rocas, muestran que no existe una afinidad con un magmatismo de tipo adakítico como el reportado por Vidal-Solano, 2005 y, Vidal Solano et al, 2008.

### **Discusión y Conclusión**

Diversos autores han reportado unidades volcánicas Oligoceno-Mioceno de carácter orogénico en distintas áreas del estado de Sonora. Estas lavas que han sido asociadas a un ambiente de subducción de tipo arco continental, destacan por sus relaciones de campo (esporádicos afloramientos con dirección NW-SE y una asociación con unidades detríticas) y, sus características tanto petrográficas (ej. altamente porfíricos), como geoquímicas (dominio de composiciones intermedias). Tarazón-Pacheco (2002, 2004 y 2007), estudió este tipo unidades en la región de Sierrita Prieta, Trincheras, donde sugiere que tienen una edad no mayor a 25 Ma. En esa localidad, las coladas fueron diferenciadas en dos grupos: 1) un primer grupo, de afinidad shoshonítica, compuesto por una basanita de olivino-flogopita y una latita de clinopiroxeno; 2) un segundo grupo, de afinidad calcoalcalina potásica, representado por un basalto de olivino, una andesita y una dacita de hornblenda. Por otra parte Izaguirre-Pompa (2006), reporta una edad de 24.34Ma hacia el Norte de la Ciudad de Caborca, dentro de una secuencia de rocas volcánicas del mismo género, con composiciones intermedias y, que fueron distinguidas en dos grupos: 1) una dacita calcoalcalina rica en potasio y, 2) dacitas, traquitas y latitas calcoalcalinas con potasio más elevado hasta llegar a variedades shoshoníticas. Finalmente, Vidal-Solano (2005) encontró rocas volcánicas con características similares en la región aledaña de San Miguel de Horcasitas, así como en La Colorada. Estas rocas con la misma afinidad calcoalcalina presentan, a diferencia de las anteriores, una variedad más amplia, en cuanto a composición se refiere (andesitas basálticas, andesitas ácidas a dacitas).



**Figura 4.- (A)** Diagrama de tierras raras (REE) normalizado a Condrita (Sun & McDonoug, 1989); **(B)** Diagrama multielementos normalizado a manto primitivo (Sun & McDonough, 1989).



**Figura 5.- (A)** Diagrama discriminante Nb/Y vs Ba/Y; **(B)** Diagrama discriminante Nb/Y vs Ba/Y.

A fin de comparar los rasgos geoquímicos de las lavas potásicas de arco, reportadas para el Oligoceno-Mioceno de Sonora, se elaboró una compilación con los datos geoquímicos existentes en la literatura. Esta serie orogénica, se caracteriza por un enriquecimiento en LREE, Th, U y, un empobrecimiento en Nb y Ta, comparado con las firmas N-MORB (Figura 4B). Las concentraciones en Ba, Y y Nb, que no son intensamente afectadas por la cristalización fraccionada de plagioclasa, olivino y piroxeno, sirven para caracterizar la fuente de los magmas poco diferenciados. Utilizando los cocientes Ba/Nb, Ba/Y y Nb/Y de esta serie y los reportados para las principales fuentes mantélicas (Figura 5), es posible deducir un origen para los magmas. Las latitas del Oligoceno-Mioceno de Sonora central contienen valores de Nb/Y próximos a los de una fuente tipo MORB y Manto Primitivo, con elevados cocientes Ba/Nb y Ba/Y, que marcan la participación importante de un componente de subducción, que es derivado de la modificación del manto superior astenosférico por medio de un metasomatismo. En resumen, las lavas estudiadas en la localidad de Cerro Prieto son calcoalcalinas de variedad potásica, tipo latita y, son asociadas a un ambiente de arco continental. Estas rocas, aunque presentan una gran variedad de combinaciones minerales y texturales, son geoquímicamente muy homogéneas. Las observaciones de campo, así como los datos petrográficos y geoquímicos, permitieron definir claramente una relación entre el volcanismo aquí estudiado y los reportados con anterioridad en Sonora. Esta correspondencia es mejor evidenciada por la concentración de elementos traza, probablemente asociada a una misma fuente de tipo manto astenosférico metasomatizado.

**Agradecimientos:** Un agradecimiento especial por el apoyo recibido en la preparación de muestras: para secciones delgadas a la Geol. Adriana Aimé Orcí Romero, para geoquímica al Quím. Pablo Peñaflor Escárcega de la UNAM-ERNO y, al MC Abraham Mendoza Córdova del Laboratorio de Cristalografía y Geoquímica del Depto. de Geología, UNISON por su valiosa asesoría en la preparación de muestras para FRX.

### Referencias citadas

- Fitton J. G., Dunlop H. M., 1985, The Cameroon line, West Africa, and its bearing on the origin of oceanic and continental alkali basalts. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 72, 23-38.
- Izaguirre Pompa A. 2006, Estudio Petroológico y Geocronológico del volcanismo orogénico intermedio – ácido de edad Oligo-Mioceno del Norte de Caborca, Sonora, México; Tesis de licenciatura en Geología, Universidad de Sonora, Departamento de Geología, 80pp.
- Tarazón Pacheco, R. A., 2002, Petrología del volcanismo Terciario, Ranchos San Hipólito y El Cúmaro, municipio de Trincheras Sonora, México; Tesis de licenciatura en Geología, Universidad de Sonora, Departamento de Geología, 65pp.
- Tarazón Pacheco, R. A., 2004, Petrogénesis del volcanismo Terciario de la región de Sierrita Prieta, municipio de Trincheras Sonora, México; Memorias del XIV Congreso Nacional de Geoquímica, Actas INAGEQ, volumen 10, número 1, 111pp.
- Tarazón Pacheco, R. A., 2007, Petrogénesis del volcanismo orogénico Terciario de la región de Sierrita Prieta, municipios de Trincheras y Benjamín Hill, Sonora, México; Tesis de maestría, Universidad de Sonora, Departamento de Geología, 86pp.
- Thompson R. N., 1982, British Tertiary volcanic province. *Scott. J. Geol.*, 18, 49-107
- Vidal Solano, J. R., 2005, Le volcanisme hyperalcalin d'âge Miocene Moyen du Nord-Ouest du Mexique (Sonora): Minéralogie, Géochimie, cadre géodynamique; Tesis de doctorado, Universidad Paul Cézanne, 256pp.
- Vidal Solano, J. R., Pallares, C., Demant, A., y Maury, R.C., 2008, Diversidad geoquímica-petroológica de las lavas Miocénicas en Sonora y baja California: ¿Evidencia de un desgarre de la placa

Farallón?; 1er congreso sobre la evolución geológica y ecológica del Noroeste de México, pp. 118-119.

## **PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA ISOTÓPICA (SR-SM-ND) DEL VOLCANISMO CUATERNARIO EN EL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA**

Arturo Martín (1), Bodo Weber (1), Axel Schmitt (2)

*Departamento de Geología, CICESE, [amartin@cicese.mx](mailto:amartin@cicese.mx), [bweber@cicese.mx](mailto:bweber@cicese.mx)*

*Department of Earth and Space Sciences, University of California, Los Angeles, [axel@oro.ess.ucla.edu](mailto:axel@oro.ess.ucla.edu)*

El volcanismo cuaternario en el Golfo de California permite caracterizar los procesos de acreción magmática activa durante de ruptura de la corteza continental. El volcanismo basáltico posterior a 3.5 Ma esta principalmente confinado a las cuencas *en-echelon* separadas por fallas transformes en el sur del Golfo de California. En contraste, en el norte del Golfo las cuencas están cubiertas por gruesos paquetes sedimentarios que oscurecen las observaciones geofísicas sobre la dispersión oceánica. La petrología y geoquímica de erupciones recientes en las cuencas son consistentes con una corteza de tipo MORB. Los volcanes cuaternarios analizados son de composición riolítica a andesítica pero con valores de  $\epsilon\text{Nd}$  altos (relativo a CHUR). Xenolitos basálticos en lavas riolíticas en el Salton Sea tienen valores  $\epsilon\text{Nd}$  de +8.5 y 6.3, respectivamente (Herzig y Jacobs, 1994). Las rocas andesíticas a riolíticas en volcanes submarinos de cuenca Delfín Inferior, Wagner y el margen peninsular (Isla San Luis) tienen valores marginalmente mas bajos ( $\epsilon\text{Nd}$  +6.5 a +4.1). Estos valores son consistentes con relaciones bajas de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0.70353-0.70382). Sin embargo, pómez riolítica de un volcán submarino en cuenca Delfín Superior y lavas dacíticas del volcán Cerro Prieto presentan valores de  $\epsilon\text{Nd}$ , de +2.2 a +0.5, respectivamente. Estas lavas mas diferenciadas presentan valores más altos de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0.70492-0.70661) en comparación con lavas coexistentes menos diferenciadas (andesita y basalto) en cuenca Delfín Inferior, Salton Buttes y el volcán Cerro Prieto. En general, los datos isotópicos indican diferenciación a partir de magmas basálticos procedentes de un manto empobrecido de composición similar a MORB. El alto contenido de Sr radiogénico y bajos valores de  $\epsilon\text{Nd}$  en riolita y dacita sugiere un proceso de diferenciación mediante contaminación con sedimentos y corteza granítica continental. Los valores mas altos de Sr radiogénico se relacionan con alteración hidrotermal o interacción con agua de mar. Otros procesos de diferenciación como cristalización fraccionada a partir de un magma máfico y/o fusión de intrusiones basálticas alteradas hidrotermalmente pueden también explicar la diversidad en la composición del volcanismo plio-cuaternario. Las intrusiones en la base de la secuencia sedimentaria (>6 km de profundidad) pueden ser abundantes y representar un componente importante de la nueva corteza bajo las cuencas activas. Sin embargo, el efecto de la cubierta sedimentaria como aislante térmico puede contribuir a la diversidad de magmas y enmascarar el proceso de dispersión oceánica en las cuencas del norte del Golfo de California.

## **EN BÚSQUEDA DE UNA EXPLICACIÓN PARA LOS DESCOMUNALES VOLÚMENES DE RIOLITAS ANOROGÉNICAS DE LA SIERRA LIBRE, SONORA, MÉXICO**

Santa Barrera Guerrero<sup>1</sup> y Jesús R. Vidal-Solano<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Maestría en Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México. [santis\\_bg@hotmail.com](mailto:santis_bg@hotmail.com)*

*<sup>2</sup>Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México. [jrvidal@ciencias.uson.mx](mailto:jrvidal@ciencias.uson.mx)*

El estudio de las rocas hiperalcalinas presentes en Sonora y Baja California representa una contribución para el conocimiento de la evolución geológica y de los procesos de ruptura continental

que llevaron a la apertura del Golfo de California. Son diversos los trabajos que se han realizado contemplando este extenso volcanismo riolítico anorogénico del NW de México, entre los que se pueden mencionar: fotointerpretación de imágenes satelitales y aéreas, cartografía, muestreo de las diferentes unidades y su delimitación en espacio, petrografía, geoquímica, dataciones y estudio de la fábrica de ignimbritas, por mencionar algunos. Hasta ahora los resultados obtenidos en este tema destacan, a) una rápida intervención en el Mioceno medio (ca.1 Ma), b) la existencia de una extensa unidad ignimbrítica (la *Toba de San Felipe / Ignimbrita de Hermosillo* que aflora dentro de al menos 30 000Km<sup>2</sup>) posiblemente derivada de una mega erupción, c) la existencia de varios puntos de emisión de riolitas fluidales hiperalcalinas, d) su asociación con insignificantes volúmenes de basaltos transicionales, e) el origen atenosférico de sus magmas y su desarrollo por medio de procesos AFC. Sin embargo, en Sonora, la distribución de los vestigios volcánicos hiperalcalinos y sus asociaciones litológicas, aumenta considerablemente en volumen, hacia el Suroeste, en dirección de la Sierra Libre, donde hasta la fecha se ha trabajado muy poco. De esta manera, la Sierra Libre con una extensión de 600km<sup>2</sup>, compuesta por un apilamiento de más de 800m de coladas riolíticas, que además, cubren a la extensa unidad ignimbrítica hiperalcalina, vuelven indispensable su estudio. Nuestro proyecto, que se desarrollará mediante una tesis de maestría, involucrará, el uso de un SIG, una cartografía detallada, estudios de fábrica, petrografía, geoquímica y geocronología; con la finalidad de indagar más sobre los elementos que permitan comprender el volumen, extensión, emplazamiento, fuente de emisión y petrogénesis de las rocas hiperalcalinas en la Sierra Libre, así como su evolución en un contexto tectónico.

#### **PETROLOGÍA ÍGNEO-METAMÓRFICA DEL BASAMENTO PROTEROZOICO Y LARAMÍDICO EN SONORA CENTRAL: AVANCES EN LA CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA.**

Judith Castellón González<sup>1</sup>, Saúl Herrera Urbina<sup>1</sup>, Alexander Iriondo<sup>2</sup>, Francisco A. Paz Moreno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora. México.*

*judithcastillon@hotmail.com*

<sup>2</sup>*Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Querétaro. México*

Este trabajo forma parte de una tesis de Maestría en desarrollo. En ella se visualiza el alcance de los siguientes objetivos: a) la caracterización geoquímica del Basamento cristalino de edad Proterozoico, b) una propuesta de correlación con las provincias corticales paleoproterozoicas (Mojave, Yavapai y/o Mazatzal) existentes en el SW de EUA, particularmente en lo que se refiere a la continuación de las provincias proterozoicas del SW de EUA en el NW de Sonora, finalmente, c) una petrogénesis de los eventos magmáticos y metamórficos implicados en el área contemplando su posible relación con los yacimientos de oro orogénico conocidos en Sonora. Los trabajos que serán contemplados en esta tesis para alcanzar los objetivos antes planteados son: un estudio estructural basado en mediciones sistemáticas de foliaciones en las rocas metamórficas presentes, zonas de cizallamiento, fallas y fracturas; una petrografía de las unidades presentes, con el fin de determinar el tipo de metamorfismo, grado y facies; la geoquímica de elementos mayores y traza; una geocronología por el método U-Pb en zircones, para conocer con precisión las edades de cristalización de las rocas ígneas y, posiblemente, las edades del metamorfismo, se utilizarán los datos isotópicos de Sm-Nd en dichos estudios como un medio para determinar la provincia paleoproterozoica a la cual pertenece el área. Hasta el momento se han reconocido tres unidades, una de edad precámbrica, la cual consiste de un granito de biotita, de grano grueso a muy grueso; La segunda unidad también de edad precámbrica, consiste de gneis cuarzofeldespático de biotita, ligeramente bandeado de grano medio, con facies de

augen-gneis y la tercera unidad de edad laramídica, consiste de un granito de textura micrográfica típica, de grano medio, con feldespatos no alterados, ojos de cuarzo y micas no oxidadas.

Los primeros análisis geoquímicos fueron realizados sobre 6 muestras que representan a las unidades hasta ahora cartografiadas, de las cuales, 2 son gneises, 2 granitoides y 2 diques. Algunos resultados obtenidos de graficar en el programa IGPET 2007 nos arrojan resultados que muestran granitos de tipo hiperaluminosos (Maniar- piccoli 1989), y caen en el campo de granitos intraplaca y granitos de arco volcánico sin colisionales (Pearce et al. 1984).

Por otro lado se ha detectado la presencia de vetillas, vetas y zonas de cizallamiento mineralizadas, que pueden tener una relación con la llamada "Zona de Oro Orogénico" que aflora en las cercanías del área de estudio. Un muestreo de estas estructuras fue realizado con el fin de detectar la presencia de oro. Hasta el momento no se cuenta con los resultados de estos análisis. Debido a que el área ha sido objetivo de muy pocos estudios, el aporte de esta tesis en lo que respecta a la geología de Sonora será muy amplio.

### **EN BÚSQUEDA DE UNA CORRELACIÓN GEOQUÍMICA PARA LAS IGNIMBRITAS HIPERALCALINAS DEL MIOCENO MEDIO EN EL NW DE MÉXICO: AVANCES EN EL ANÁLISIS DE LÁMINAS DELGADAS CON ICP-AES Y UN SISTEMA DE ABLACIÓN LASER ACOPLADO**

VIDAL-SOLANO Jesús Roberto y MEZA-FIGUEROA Diana María

*Laboratorio de Cristalografía y Geoquímica del Departamento de Geología, Universidad de Sonora.*

*Palabras clave: ICP-AES, ignimbritas hiperalcalinas, petrología de rocas silíceas.*

Con el fin de llevar a cabo una correlación entre unidades volcánicas distantes, se desarrolló un experimento en el Laboratorio de Cristalografía y Geoquímica del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora. Este comprende el análisis geoquímico de astillas de vidrio contenidas en depósitos piroclásticos, mediante el uso de láminas delgadas en un ICP-AES y un sistema de ablación laser acoplado. Esta técnica de microanálisis in situ, permite obtener información sobre la composición de las gotas, que representan al líquido magmático original, sin la influencia de partículas ajenas (xenolitos y líticos) de hasta un tamaño milimétrico, que frecuentemente ocurren dentro de los depósitos volcánicos altamente explosivos y que generan un rango de incertidumbre en los datos geoquímicos obtenidos a partir del análisis de roca total. Un depósito de flujo piroclástico denso que ha sido ampliamente reconocido en el NW de México es el objeto de este estudio. Se trata de ignimbritas silíceas de afinidad hiperalcalina, que ocurren en forma de mesas a lo largo de más de 430 Km entre Baja California y Sonora. La correlación de estas manifestaciones ignimbríticas hiperalcalinas ha contemplado diversos estudios en el pasado, dentro de los que destacan: la geocronología Ar/Ar, estudios de remanencia paleomagnética, análisis geoquímicos de roca total, análisis de imágenes satelitales ASTER y, recientemente, la anisotropía de susceptibilidad magnética y el análisis de imágenes digitales en la distribución de las partículas dentro del flujo. Todos ellos apuntan hacia una hipótesis que contempla que los depósitos ignimbríticos derivan de una sola mega-erupción ocurrida aproximadamente hace 12.3 Ma. Sin embargo, algo común en los resultados de estas investigaciones, es la presencia de una dispersión en los datos con un rango que da cabida a la posibilidad de que, los vestigios ignimbríticos de esta índole, provengan de distintos puntos de salida repartidos a lo largo del Estado de Sonora. Los resultados preliminares fueron obtenidos, a partir del análisis de 11 láminas delgadas de facies basales (principalmente vitrófros) de ignimbritas hiperalcalinas muestreadas en Baja California y Sonora. Las medidas de las intensidades de algunos elementos mayores y traza, muestran una fuerte relación y variaciones graduales en función de su

ubicación geográfica y espesor. Esto sugiere que estos depósitos pueden estar asociados a una misma erupción con un posible punto de emisión en las cercanías de la Sierra Libre en Sonora. Por otro lado, pone en manifiesto una posible zonación en la composición del reservorio magmático, que puede ser responsable, de la dificultad encontrada hasta hoy, en el establecimiento de una correlación puntual de estos depósitos. Esta técnica, promete para esta unidad volcánica, la obtención de mejores resultados analíticos. Sin embargo el desarrollo de más análisis serán requeridos para confirmar estas hipótesis e indagar más a fondo sobre la petrogénesis de estos depósitos de flujos piroclásticos.

### **GEOQUÍMICA DE ROCAS VOLCÁNICAS ALTERADAS POR HIROTERMALISMO UN EJEMPLO AL NORTE DE GUANAJUATO, GTO.**

Jorge Jaime Mengelle López.

*Departamento de Recursos Naturales. Posgrado en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México.  
[mengelo@geofisica.unam.mx](mailto:mengelo@geofisica.unam.mx)*

La parte superior de la Formación La Esperanza en la porción sureste de la sierra de Guanajuato (cuenca *La Esperanza*), se caracteriza por una secuencia constituida de pizarras negras con cuarzo e intercalaciones de areniscas, flujos piroclásticos félsicos, pedernal y calizas de estratificación delgada a media, un flujo de lava de composición dacítica en la parte media, así como un granito afectando esta porción de dicha unidad. Petrográficamente el flujo de lava de composición dacítica muestra texturas porfídicas y de flujos, con fenocristales predominantemente de feldespatos-K y de cuarzo, así como en la matriz, con evidencias de alteración hidrotermal en forma de hilos milimétricos de cuarzo, sericita que se emplazan en las fracturas de los minerales así como en los contactos entre ellos y en menores proporciones la epidota en forma de parches. Las alteraciones más evidentes en esta porción de la secuencia son la silicificación y filica, las cuales no son evidentes a simple vista sino a nivel microscópico, por lo que pretendemos en este ejercicio establecer las relaciones de elementos mayores y traza de estas rocas alteradas por hidrotermalismo así como la importancia de cuantificar la intensidad de alteración con datos geoquímicos de estas rocas, además de la inconveniencia de utilizar esquemas de clasificación convencionales en este tipo de rocas. Las rocas volcánicas (6 muestras obtenidas durante un reconocimiento) fueron analizadas por FRX en los laboratorios del Instituto de Geología de la UNAM, obteniéndose resultados de elementos mayores y de algunos elementos traza. Utilizando el esquema de clasificación de álcalis totales y sílice total (TAS) las rocas son clasificadas como andesitas, dacitas y riolitas, observándose una fuerte variación en la composición lateralmente a escasos metros, mientras que en los elementos traza como el Ba y Th presentan fuertes anomalías positivas de sus concentraciones en ppm; estas características nos hacen sospechar que la geoquímica de las rocas volcánicas es alterada por los procesos de hidrotermalismo, por lo que deben de ser utilizados otros elementos para su clasificación geoquímica. Por otro lado estas rocas alteradas en el ambiente en que se han formado representan una excelente oportunidad para utilizar sus datos geoquímicos como ejemplo en la determinación del índice de alteración con fines de exploración litogeoquímica; aplicando un básico ejemplo se ha obtenido que el índice de alteración alcanzó valores de gran intensidad en algunas muestras, lo que representa una unidad importante para la prospección por probables depósitos VMS e incluso epitermales.

## GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS TRAZA Y TIERRAS RARAS DE ROCAS CLÁSTICAS DEL ANTICLINORIO DE HUAYACOCOTLA EN LA REGIÓN ESTE DEL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO.

John S. Armstrong-Altrin<sup>1</sup>, Cruz Martínez Adriana<sup>2</sup>, Ávila Ramírez Gladis Marley<sup>3</sup>, Marius Ramírez Cardona<sup>2</sup>, J. Madhavaraju<sup>4</sup>, Kinardo Flores-Castro<sup>2</sup>, Granados Ramírez Pamela<sup>2</sup>, Mendoza Espinosa Milton<sup>2</sup>, Zamorano Téllez J. Antonio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Geología Marina y Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, 04510, México D.F. E-mail: armstrong@cmarl.unam.mx

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Carretera Pachuca-Tulancingo km. 4.5, Pachuca, Hidalgo, 42184, México.

<sup>3</sup> Licenciatura en Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Carretera Pachuca-Tulancingo km. 4.5, Pachuca, Hidalgo, 42184, México.

<sup>4</sup> Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apart. Postal 1039, Hermosillo, Sonora 83000, México

En este trabajo se estudiaron 17 muestras de rocas clásticas del Anticlinorio de Huayacocotla (Este de Hidalgo) a partir de análisis químicos (*Finningan MAT ELEMENT* ICP-MS) de elementos traza y tierras raras para identificar las características de la roca fuente. De éstas, 6 pertenecen a la Formación de Méndez (sección Los Cubes), 5 a la Formación Huayacocotla (sección Linda Vista) y 6 son de la Formación Pimienta (secciones El Crucero y Nonoalco). Las secciones de Los Cubes y Linda Vista presentan enriquecimiento en Zr, Y y Hf respecto a UCC. La correlación positiva existente entre Hf y Zr indica principalmente que estos elementos provienen de una fuente similar, probablemente de un mineral pesado como el zircón. La baja concentración de Cr y Ni (~13-51 y ~4-11 ppm, respectivamente) en las cuatro secciones indica que la fuente principal de estas rocas clásticas tiene un carácter félsico; el empobrecimiento en Sc (~0.70 – 6 ppm para un valor UCC de 13.6 ppm) también apoyaría esta idea. La concentración total de tierras raras ( $\Sigma$ REE) en las cuatro secciones presenta una alta variabilidad: ~16-237. Los valores más altos de concentración en tierras raras pertenecen a la sección de Los Cubes ( $206 \pm 24$  ppm); en Linda Vista y Nonoalco, estos valores son intermedios y muy similares ( $79 \pm 45$  y  $74 \pm 8$  ppm, respectivamente); así, la sección de El Crucero es la que presenta concentraciones menores de  $\Sigma$ REE ( $28 \pm 15$  ppm). Para identificar la roca fuente mediante la geoquímica de REE, las rocas clásticas del Anticlinorio de Huayacocotla fueron comparadas con un gneis cercano que pertenece a materiales Precámbricos de Huiznopala (Greenvilliano del Este de México). Estas comparaciones sugieren que la fuente félsica mencionada arriba es, muy probablemente, este Gneis Proterozoico, expuesto a nivel superficial durante el Jurásico.

## IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS TECTÓNICOS MEDIANTE ESTUDIOS PETROGRÁFICOS Y GEOQUÍMICOS DEL GNEIS HUIZNOPALA (LITOTIPOS GABRO-ANORTOSÍTICO Y PSAMÍTICO), NORESTE DEL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

Milton Mendoza-Espinosa\*<sup>1</sup>, Marius Ramírez<sup>1</sup>, Eduardo Cerecedo S.<sup>1</sup>, Kinardo Flores, Adriana Cruz<sup>1</sup>, José A. Zamorano<sup>1</sup>, José A. Meneses Lugo<sup>1</sup>.

Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. [tlanalakab@yahoo.com.mx](mailto:tlanalakab@yahoo.com.mx), [mariusr@uaeh.edu.mx](mailto:mariusr@uaeh.edu.mx)

Durante el mesoproterozoico (ca. 950 m.a.) se presenta la orogenia greenvilliana, provocando la formación de Rodinia y el emplazamiento del microcontinente Oaxaquia (Ortega-Gutiérrez, 1995).

Estudios previos evidencian que este microcontinente mesoproterozoico aflora en la parte NNE del estado de Hidalgo: Gneis Huiznopala, considerándose la roca más antigua dentro de la región (1000 m.a.) con localidad tipo en la comunidad de Huiznopala al NW de Molango. Según Ortega y Gutiérrez (1997), el Gneis Huiznopala puede dividirse en cuatro tipos diferentes de gneises: el paragneis expuesto en el cauce del Río Agua Salada, descrito como un gneis psamítico; un gneis charnokítico, mostrándose en el Río Pilapa; un gneiss granítico, aflorando en tres sitios al borde del Anticlinorio de Huayacocotla y, por último, un cuerpo gabro-anortosítico cercano al tajo Tetzintla, al NW de la localidad de Chipoco (Ortega-Gutiérrez, 2001), siendo éste el de mayor enfoque en el presente trabajo. Se analizaron petrográfica (microscopio de luz transmitida Olympus BX41) y geoquímicamente (FUS-ICP para elementos mayores; AR-MS e INAA para elementos traza) 18 muestras, de las cuales 3 se asocian con procesos tectónicos observados cercanos a la localidad tipo, mientras que las restantes pertenecen a la exposición situada entre las comunidades de Chipoco e Ixtlapala.

Dentro de la primera agrupación se encontró: un gneis cuarzo-feldespático (Mpa) que alcanzó la facies metamórfica granulita de baja presión (granulita-anfibolita) y fue formada a partir de una arenisca; se sitúa dentro de lo que se considera paragneis pero presenta textura macroscópica de roca ígnea que se atribuye a retrogradación generada a partir de la intrusión de diques e hidrotermalismo. Relacionado a lo anterior, se halla un mármol de granate y clinopiroxeno (Mpeg) de facies anfibolita, formado por la intrusión de una pegmatita cuarzosa en las rocas calcáreas del Jurásico. La última de este grupo es un clasto de esquisto calcáreo con cuarzo y feldespato embebido en una matriz calcárea; la importancia de ésta es que forma parte de una brecha (Mbrec) que ha sido cartografiada previamente como exposición de las rocas del Proterozoico. Con el análisis efectuado se dedujo que su formación es posterior a la del Gneis Huiznopala, originándose durante la Orogenia Laramide; está relacionada en campo con plegamientos y cabalgadura NW-SE, presentes sobre todo al noreste de México. Además, estos clastos con esquistosidad se originaron en condiciones de presión y temperatura inferiores a las rocas del Precámbrico.

Con la descripción petrográfica de las secciones delgadas pertenecientes al segundo grupo (muestras encontradas entre las comunidades de Chipoco e Ixtlapala) se evidencia una variabilidad composicional en el litotipo. Se han reconocido gneises gabroicos (GM14) y anortosíticos (GM6) como anteriormente había sido establecido por otros autores, además de ejemplares noríticos (GM9A). Relacionado con el mismo cuerpo se reconoce la facies metamórfica granulita (GM6) antes propuesta por Lawlor en 1999, distinguiéndose facies de condiciones P-T mayores (migmatización en GM2) y menores (anfibolita y piroxenita en GM7 y GM10). Todas estas muestras han sido asociadas a la acreción continental durante el Paleozoico tardío. Este litotipo es cortado por diques (por ejemplo la muestra GM8) que, en parte, han retrogradado las rocas mesoproterozoicas. Los mismos están asociados a la extensión terciaria caracterizada por fallamientos normales con dirección NE-SW, sirviendo estos como conducto para el flujo de material ígneo de edad Cuaternaria. Con el análisis microscópico se observó que la muestra GM8 es una roca alcalina con abundancia de clinopiroxenos. Por la presencia de feldespatoideas alterándose a cancrinita se clasificó como una variedad de ljolita melanocrática: melteigita. Así, se establece que la extensión de la Provincia Alcalina abarca hasta la porción NNE de Hidalgo.

Se han observado tres especies diferentes de Clinopiroxenos relacionados a los eventos antes mencionados. El primer grupo se atribuye a la formación del protolito, la siguiente generación es propiciada durante el emplazamiento del microcontinente Oaxaquia, relacionados con la formación de granate; por último, existen piroxenos cuyo origen se atribuye a la intrusión de diques maficos.

Dos procesos extensivos, sobre todo el del Jurásico, propiciaron alteración hidrotermal, retrogradando los minerales preexistentes (cloritización y sericitización) del gneis; contemporáneamente, hubo intrusiones de diques composicionalmente muy variables, yendo de muy ácidos (SW del complejo) a básicos (NE). Las intrusiones de mayor basicidad ( $\text{SiO}_2 < 50\%$ ) se presentan en leuconoritas del componente gabro-anortosítico. Alternativamente, y según el estudio aquí presentado, esta asociación se puede describir de acuerdo a variaciones mineralógicas vinculadas a leucosoma y melanosoma. La presencia de estas dos partes diferenciadas puede indicar un precursor migmatítico originado por un proceso de anatexia.

En cuanto a datos geoquímicos, se presentarán diagramas multielementales normalizando con respecto a MORB, donde se observa un empobrecimiento en Zr de la rocas gnéisicas, mostrando condiciones P-T extremas que ocasionaron la movilidad de este elemento. La muestra GM8 (intrusión básica) es la más parecida composicionalmente a los datos de MORB. Para el mismo diagrama se aprecia un enriquecimiento en Ba, Nd y  $\text{K}_2\text{O}$  que, aunado a la mineralogía encontrada, es atribuible a retrogradación por procesos hidrotermales. En este último aspecto, las muestras Mbrec y el intrusivo GM8 siguen una evolución contraria, demostrando que la alteración clorítica y sericitica es anterior a la formación de la brecha (etapa compresiva Laramide) y a las intrusiones básicas cuaternarias. La evolución de la composición en Co y Cr en función de la distancia (litotipo gabro-anortosítico) para muestras de gneises cercanas a la intrusión básica evidenció una disminución al incrementarse la distancia con respecto al cuerpo intrusivo, así como la influencia de otra intrusión no detectada en campo (anomalía positiva de muestras a distancia media).

Por otra parte, se descarta la existencia de dos afloramientos en el trayecto entre las comunidades de Acatepec y Huiznopala, registrados en la Carta Geológica F14-D51 (Molango), resolviendo que forman parte de una brecha tectónica que contiene clastos de esquistos calcáreos, pudiendo confundirse con clastos del mismo Gneis Huiznopala y que no ha sido registrada hasta ahora, por lo que se recomienda la cartografía de esa importante y extensa estructura.

### Referencias Citadas

- Lawlor, P.J., Ortega-Gutiérrez, F., Cameron, K. L., Ochoa-Camarillo, H., López, R., Sampson, D. E., 1999, U-Pb geochronology, geochemistry, and provenance of the Grenvillian Huiznopala Gneiss of Eastern Mexico: *Precambrian Research*, 73– 99.
- Ortega-Gutiérrez, F., Ruiz, J., Centeno García, E., 1995. Oaxaquia a Proterozoic microcontinent accreted to North America during the late Paleozoic: *Geology* 1127-1130
- Ortega-Gutiérrez, F., Schulze, C., Solari, L., Cameron, K. Keppie, J.D., López, R., Dostal, J., 2001. Massif Anorthosite of Oaxquia and its role in tectonic evolution and Correlation of the Mexican Grenville: *GSA annual meeting*, 5-8
- Ortega-Gutiérrez, F., Lawlor, P.J., Cameron, K. L., Ochoa-Camarillo, H., New studies of the Grenvillian Huiznopala Gneiss. Molango area State of Hidalgo, Mexico- preliminary results 1997: *Memoria de excursiones geológicas*, 19-25

**CONFERENCIA MAGISTRAL: RECONSTRUCCIONES PALEOCEANO GRÁFICAS DEL OCÉANO  
PACÍFICO NORORIENTAL DE MÉXICO A PARTIR DE APLICACIONES GEOQUÍMICAS EN  
CORALES ARRECIFALES**

*Conferencia Magistral*

José D. Carriquiry

*Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California*

*Km 103 Carretera Tijuana – Ensenada, C.P. 22830, Ensenada, Baja California, México, [jose\\_carriquiry@uabc.mx](mailto:jose_carriquiry@uabc.mx)*

Un mejor entendimiento del sistema climático global depende de nuestra capacidad de extender los limitados registros instrumentales de la temperatura oceánica superficial (TOS) de regiones tropicales. Con el objetivo de reconstruir la variabilidad climática reciente en la región del Pacífico transicional mexicano, realizamos una calibración de las relaciones Sr/Ca – TOS y Mg/Ca – TOS en el coral *Pavona*, colectado en la localidad de El Cardonal, B.C.S. y corales del género *Porites* de las Islas Revillagigedo. Las razones geoquímicas medidas con una precisión estimada menor que  $\pm 0.2\%$  ( $2\sigma$ ) mostraron una alta covariación estacional estrechamente relacionada con la TOS de esta región. Estos registros paleoclimáticos se extienden de 52 – 174 años con una resolución estacional – sub-estacional. El registro térmico derivado del Sr/Ca de los corales indica que la región varía a escala interanual, coherente con los forzamientos de El Niño, pero con una amplitud mayor en la boca del Golfo de California. Una intensa señal inter-decadal en la señal de Sr/Ca de San Benedicto y Clarión se relaciona significativamente con la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), excepto durante los periodos de transición de la PDO. La temperatura reconstruida del Sr/Ca en San Benedicto se correlaciona positivamente con la señal ecuatorial de la región de El Niño 3.4 y a registro atmosférico del Hemisferio Norte. La conexión dinámica entre estas señales implica una respuesta regional a los cambios en la circulación de gran escala de Walker, así como también al forzamiento térmico hemisférico.

## REE GEOCHEMISTRY OF LACUSTRINE AND AEOLIAN DEPOSITIONAL REGIMES DURING THE LAST 50 <sup>14</sup>C KYR BP IN THE LAGUNA SECA DE SAN FELIPE, SONORA DESERT

<sup>1</sup>Priyadarsi Debajyoti Roy, <sup>2</sup>Ofelia Morton-Bermea, <sup>1</sup>Socorro Lozano-García, <sup>2</sup>Beatriz Ortega, <sup>1</sup>Rufino Lozano-Santacruz

<sup>1</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad Universitaria, México D.F. (\*For correspondence, roy@geologia.unam.mx)

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad Universitaria, México D.F.

North American Deserts comprises of high latitude Great Basin and Mojave Deserts to low latitude, subtropical Chihuahua and Sonora Deserts. Synthesis of lake stands and plant microfossils from packrats suggest temporal variation in the different rainfall regimes, i.e. winter storm tracks and summer monsoon. Since the last glacial maximum, the mean position of the winter storm tracks from Pacific has gradually migrated towards higher latitude (32-34° N during 18 ka to 42° N at present day). The wet conditions during early Holocene (12-8 ka) is related to the increased temperature and establishment of summer rainfall in the region.

The Laguna Seca de San Felipe is an ephemeral lake (presently receives 60 mm/yr during July-September) and located at 31° N in the north-western Sonora Desert. It is present in a tectonic basin between ca.2500 m high San Pedro Martir (west) and ca.500 m high San Felipe (east) Mountains. Based on a multi-proxy data that includes physical proxies (stratigraphy, magnetic susceptibility, grain size), biological proxies (plant fossils) and geochemical proxies (elemental ratios indicating chemical weathering, clastic input, provenance and salinity) from a 9.5 m long sediment core from the Laguna Seca de San Felipe located in the western Sonora Desert, two different lacustrine regimes of sedimentation and a regime of dominant aeolian deposition is identified. Linear interpolation and extrapolation of <sup>14</sup>C ages, constrain the aeolian regime to > 44.5 <sup>14</sup>C kyr BP. The sediments of the first lacustrine regime is constrained during 44.5-12 <sup>14</sup>C kyr BP and characterized by lower rates of deposition, lower magnetic susceptibility and presence of both *Juniperus* and *Pinus* pollens and sulphate mineral thenardite. The sediments of the second lacustrine regime (12 <sup>14</sup>C kyr BP - present day) are characterized by higher rate of deposition, higher magnetic susceptibility, absence of pollens and thenardite and comprise of some aeolian deposits. The REE abundance, light REE and heavy REE fractions and Eu anomalies suggest different provenances for sediments of the aeolian and both the lacustrine regimes. This might be due to the presence of dominant winter precipitation that transported sediments from the San Pedro Martir Mountains into the lake basin during the late Pleistocene. During the Holocene, the dominant summer circulations from the Gulf of California possibly brought sediments from the erosion of San Felipe Mountains.

## ACUMULACIÓN DE LOS ELEMENTOS TRAZA Y PATRONES DE LANTÁNIDOS EN ALGUNOS ORGANISMOS DE CAMPOS HIDROTERMALES DE LA CUENCA GUAYMAS (GOLFO DE CALIFORNIA) Y 9°50'N DE LA ELEVACIÓN DEL PACÍFICO ORIENTAL

Evgueni Choumiline<sup>1</sup>, Ludmila Demina<sup>2</sup> y Sergey Galkin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - IPN, Avenida IPN s/n, Colonia Playa Palo de Santa Rita, Apdo Postal 592, La Paz, Baja California Sur, 23090, México; [eshumili@ipn.mx](mailto:eshumili@ipn.mx)

<sup>2</sup>Instituto de Oceanología de P.P. Shirshov, Academia de Ciencias de Rusia, Moscú, Rusia; [ldemina@ocean.ru](mailto:ldemina@ocean.ru)

Las zonas hidrotermales profundas del océano se caracterizan por altas concentraciones de los elementos en el agua del mar, los sedimentos y depósitos del fondo. En particular, los patrones

normalizados con la lutita en los fluidos hidrotermales, sus mezclas con el agua de mar, así como los depósitos de las ventilas hidrotermales y los sedimentos de sus alrededores frecuentemente muestran fuerte anomalía positiva del europio y enriquecimiento en los lantánidos pesados. No obstante todavía falta información sobre la acumulación de los elementos y los patrones de los lantánidos en la biota de estas áreas específicas. En nuestro trabajo se presentan los datos sobre las concentraciones y distribuciones de As, Ag, Au, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Sb, Se, Zn y 8 lantánidos (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb y Lu) en diferentes tejidos de organismos predominantes en los campos hidrotermales tales como el vestimentífero tubícola gigante *Riftia pachyptila*, las almejas *Archivesica gigas* y otros organismos de la Cuenca Guaymas (Golfo de California) y desde 9°50'N de la Elevación del Pacífico Oriental (EPO).

Las muestras de la fauna bentónica fueron colectados por los sumergibles "Mir-1" y "Mir-2" durante el crucero N° 49 del buque de investigación "Akademik Mstislav Keldysh" en octubre del 2003. Los organismos completos o sus partes fueron lavados, secados en horno a 60 °C, homogenizados y analizados mediante espectrofotometría de la absorción atómica después de su digestión completa con ácidos fuertes concentrados o directamente por análisis instrumental de activación neutrónica.

La bioacumulación de los elementos en campos hidrotermales profundos ocurre bajo las condiciones biogeoquímicas muy específicas como alta presión, elevada temperatura, el ambiente reductor y la producción quimiosintética bacteriana del carbono orgánico. Los elementos se acumulan en los órganos que contienen a las bacterias endosimbiontes (trofosoma de *Riftia* o branquias de *A. gigas*); además otras partes de estos organismos como obturáculo y el opistosoma de *Riftia* y el manto de *Archivesica*, así como otros grupos taxonómicos de los invertebrados (Actiniaria, Spongia) que no portan a las bacterias simbiotes también concentran a los ET. En particular, altos niveles de la mayoría de los metales (excepto Mn) fueron detectados en el cuerpo blando de *Nuculana grasslei* y los mayores contenidos del Mn fueron encontrados en esponjas. El factor de bioconcentración de los ET varía en tres ordenes de magnitud desde 5 (Mn) hasta  $3 \times 10^4$  (Cd). Esto es una evidencia clara de la selectividad de la bioacumulación de los ET por los organismos la cual posiblemente depende del papel fisiológico de cada metal y/o su biodisponibilidad en fase disuelta, independientemente de la concentración total del elemento en el agua.

No se observan diferencias considerables entre los niveles de Cd, Cu, Fe, Hg, Pb y Zn en las almejas de la Cuenca Guaymas y de los moluscos bivalvos de las áreas contaminadas antropogénicamente en el Golfo de California, lo que sugiere una mayor importancia de la fracción biodisponible de los ET que de su contenido total en el ambiente en el proceso de bioacumulación. Los contenidos totales de los lantánidos en los organismos o sus tejidos (masa seca) fueron generalmente mucho más bajos que sus abundancias en la lutita norteamericana (North American Shale Composite, NASC) y en los sedimentos de ambos campos hidrotermales. Los organismos predominantes (Actinarios: *Paraphelliactis pabista*, Bivalvia: *Archivesica gigas*, *Bathymodiolus thermophilus*, *Calyptogena magnifica*, Decapoda: *Munidopsis alvisca*, Vestimentífera: *Riftia pachyptila* y Spongia) desde los sitios hidrotermales en su mayoría mostraron la huella geoquímica de los lantánidos normalizados con NASC, característica para el agua de mar con el enriquecimiento de los lantánidos pesados, pero adicionalmente modificada por anomalía positiva y algunas veces negativa de europio. Un patrón diferente de los lantánidos normalizados con NASC se encontró para el molusco bivalvo *Archivesica gigas* en la Cuenca de Guaymas. Su pie muscular muestra, además de una ligera anomalía positiva de Eu, un fuerte enriquecimiento en los lantánidos ligeros, típico para el material sedimentario regional y no para el agua del mar.

**PESTICIDAS ORGANOCLORADOS Y  $\Sigma$ BPC'S, EN NÚCLEOS DE SEDIMENTO EN EL RÍO COLORADO- RÍO HARDY, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.**

K. C., Lugo-Ibarra, L.W., Daesslé, J. V., Macías-Zamora, y N. Ramírez-Álvarez

*Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California**Km 103 Carretera Tijuana – Ensenada, C.P. 22830, Ensenada, Baja California, México**[lugokarina@gmail.com](mailto:lugokarina@gmail.com)*

La intervención del hombre ha modificado el flujo natural del Río Colorado RC, causando alteraciones en el volumen y calidad del agua que llega al estuario del RC. Cuando se libera el agua hacia dicho estuario, contiene una alta abundancia de sólidos disueltos así como también químicos orgánicos e inorgánicos derivados de una intensa actividad en tierras de cultivo y drenes agrícolas en México y los EUA. Para evaluar la variabilidad histórica de la entrada de contaminantes al estuario y la región del Delta, es necesario estudiar la variabilidad composicional de los sedimentos en núcleos de los Ríos Hardy-Colorado.

En este trabajo, se presentan resultados preliminares del análisis de las concentraciones de pesticidas organoclorados (20 compuestos) y Bifenilos Policlorados BPC's (41 congéneres) contenidos en núcleos de sedimento de ~145 cm de longitud. Estos núcleos fueron colectados en el canal principal del Río Hardy (RH) - Río Colorado (RC), con el fin de determinar su concentración y variabilidad vertical. Se presentaron tres máximos de concentración de pesticidas organoclorados: 47.82 ng g<sup>-1</sup>(20-21cm), 37.7 ng g<sup>-1</sup>(28-29) y 41.42 ng g<sup>-1</sup> (41-42 cm). De los 20 pesticidas analizados, los DDT's fueron los compuestos más abundantes. Dichas concentraciones y la información sedimentaria contenida en los núcleos, nos permite evaluar los cambios en la sedimentación y acumulación de estos potenciales contaminantes orgánicos, asociados a la manipulación humana del RC. La información generada del presente trabajo es utilizada para reconstruir la historia de la contaminación por pesticidas y BPC's en los canales del RC de los últimos 100 años.

**GEOCHEMISTRY OF APTIAN-ALBIAN SHALES OF MURAL FORMATION OF BISBEE GROUP, NORTHERN SONORA, MEXICO: IMPLICATION ON PALEOREDOX CONDITIONS**

J. Madahavaraju and C.M.Gonzalez-León

*Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología,**Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 1039**Hermosillo, Sonora 83000, México. E-mail: [mj@geologia.unam.mx](mailto:mj@geologia.unam.mx)*

The clastic and carbonate rocks of Mural Formation (Aptian – Albian age) were deposited during the marine transgression in the northern Sonora. The thickness of this formation varies considerably from place to place, but the average thickness is roughly about 300 to 500 m. The Mural Formation is mainly divided into six members viz. i) Cerro La Ceja (CLC), ii) Tuape Shale (TS), iii) Los Coyotes (LC), iv) Cerro La Puerta (CLP), v) Cerro La Espina (CLE) and vi) Mesa Quemada (MQ). The Tuape section of Mural Formation represents different types of shales (CLC: Gray shale; TS: Black shale, LC: Pale Green shale; CLP: Black shale; MQ: Pale Green shale). The geochemical studies have been carried out on the shale samples from Tuape section of Mural Formation to understand the paleoredox conditions which prevailed during the deposition of these fine grained clastic rocks.

In Tuape section, the SiO<sub>2</sub> contents in the TS member show large variations (53.6 to 61.0%) whereas CLC, LC, CLP and MQ members show small variations (61.2 to 62.5%, 61.0 to 61.8%, 52.6 to 57.7%,

62.3 to 65.1%, respectively). Small variations are observed in the  $\text{Al}_2\text{O}_3$  contents in the CLC, LC, CLP and MQ members (14.2 to 14.7%, 14.4 to 15.1%, 12.4 to 14.5%, 14.1 to 15.0, respectively) whereas large variations are observed in the TS member (11.7 to 15.5%).

Geochemical proxies such as Ni/Co, U/Th, TOC, Mo and authigenic U were used to find out the paleoredox conditions. The shale samples from the TS and CLP members of Mural Formation show large variations in Ni/Co and U/Th ratios (TS: 2.90 to 9.94, 0.30 to 0.88, respectively; CLP: 2.97 to 6.17, 0.28 to 0.80, respectively) than CLC, LC and MQ members (CLC: 3.06 to 3.64, 0.28 to 0.32, respectively; LC: 3.9 to 4.23, 0.31 to 0.32, respectively; MQ: 1.7 to 2.08, 0.31 to 0.37, respectively). CLC, LC and MQ members show low values of authigenic U, Mo and TOC contents whereas the higher concentrations of authigenic U, Mo and TOC are observed in the lower part of the TS and lower and middle part of the CLP members.

The shale samples of CLC, LC and MQ members show low values of authigenic U, Mo and TOC contents and low Ni/Co and U/Th ratios which suggest that these shales were deposited under oxic condition. The elevated values of authigenic U, Mo and TOC and higher Ni/Co and U/Th ratios are observed in the certain intervals of black shales of TS and CLP members suggest the suboxic/anoxic conditions that prevailed during the deposition of these shale units.

### PROVENANCE OF BEACH SANDS OF THREE AREAS OF GULF OF MEXICO, MÉXICO

John S. Armstrong-Altrin <sup>1</sup>, J.J. Kasper-Zubillaga <sup>1</sup>, A. Carranza-Edwards <sup>1</sup>,  
G. Nelson Eby <sup>2</sup>, Granados Ramírez Pamela <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Geología Marina y Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, 04510, México D.F. E-mail: [armstrong@cmarl.unam.mx](mailto:armstrong@cmarl.unam.mx)

<sup>2</sup> Department of Environmental, Earth, and Atmospheric Sciences, University of Massachusetts, Lowell, MA 01854, USA

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Carretera Pachuca-Tulancingo km. 4.5, Pachuca, Hidalgo, 42184, México.

Major, trace and rare earth element compositions of 69 beach sand samples of Gulf of Mexico have been investigated to understand the source rock characteristics. The samples studied are from the Barra de Cazones (number of samples  $n = 20$ ), Barra Tecolutla ( $n = 34$ ), and Barra de Las Palmas ( $n = 15$ ) beaches. The sand samples are classified as felsic, intermediate, and mafic compositions using  $(\text{SiO}_2)_{\text{adj}}$  content. The variations in  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$  contents and  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  ratios among the three study areas reflect differences in their source rock characteristics. Similarly, the differences in  $\text{TiO}_2$ , Zr, and Hf contents with respect to the three study areas indicate the addition of heavy minerals during hydraulic sorting. The variations in  $\Sigma\text{REE}$  contents are wider in Barra de Las Palmas sands ( $\sim 75\text{-}125$  ppm) than Barra de Cazones ( $\sim 37\text{-}83$  ppm) and Barra Tecolutla sands ( $\sim 60\text{-}107$  ppm), and are likely due to the differences in fractionation of minerals and source rocks. However, all the sand samples show similar REE patterns, with enriched LREE ( $\text{La}_{\text{cn}}/\text{Sm}_{\text{cn}} = 3.00 \pm 0.50$ ;  $n = 69$ ), depleted HREE ( $\text{Gd}_{\text{cn}}/\text{Yb}_{\text{cn}} = 2.00 \pm 0.34$ ) and negative Eu anomaly ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.75 \pm 0.10$ ). Considering the individual study areas the variations in Eu anomalies are higher in Barra de Cazones ( $\sim 0.69\text{-}1.01$ ) and Barra de Las Palmas sands ( $\sim 0.41\text{-}0.78$  ppm), than Barra Tecolutla sands ( $\sim 0.62\text{-}0.80$  ppm). The comparison of REE data with the rocks located

relatively close to the study areas suggest that the studied sands were derived by the contribution of felsic and intermediate source rocks.

## **EVALUACIÓN DE LA POSIBLE INFLUENCIA DE LOS MANANTIALES GEOTERMALES SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LOS SEDIMENTOS DE LA ZONA DE PLAYA DE SANTISPAC, BAHÍA CONCEPCIÓN, B.C.S.**

María Luisa Leal Acosta<sup>1</sup>, Dmitry Sapozhnikov<sup>2</sup>, Vyacheslav Gordeev<sup>3</sup>, Evgueni Choumiline<sup>1</sup> y Nicolai Mirlean<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Avenida IPN s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, Apdo Postal 592, La Paz, Baja California Sur, México: [maluleal40@yahoo.com.mx](mailto:maluleal40@yahoo.com.mx); [eshumili@ipn.mx](mailto:eshumili@ipn.mx)

<sup>2</sup>Instituto de Geoquímica y Química Analítica de V.I. Vernadsky, Academia de Ciencias de Rusia, Moscú, Rusia; [sapozz@yandex.ru](mailto:sapozz@yandex.ru)

<sup>3</sup> Instituto de Oceanología de P. P. Shirshov, Academia de Ciencias de Rusia, Moscú, Rusia, [gord\\_vv@mail.ru](mailto:gord_vv@mail.ru);

<sup>4</sup> Laboratorio de Oceanografía Geológica, Instituto de Oceanografía, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil; e-mail: [dgeonmir@furg.br](mailto:dgeonmir@furg.br)

La composición química de los sedimentos superficiales de la Bahía Concepción en general ya está descrita en diferentes trabajos. No obstante no todos los aspectos de este problema están bien claros, tales como los factores que controlan la composición de la materia suspendida en hundimiento y la variabilidad espacio-temporal de los flujos de los elementos particulados. Otro tópico, aún no estudiado en Bahía Concepción es conocer la influencia de la composición de los fluidos de las aguas de los manantiales geotermales intermareales y los fluidos submarinos gaso-hidrotermales recientemente caracterizados.

El objetivo de nuestro estudio es buscar las posibles huellas geoquímicas de las descargas de las fuentes geotermales de la Playa Santispac en los sedimentos costeros y marinos de la zona indicada y compararlas con los sedimentos del área de la descarga hidrotermal submarina, ubicada al sur de la Punta El Coyote en la costa occidental de la Bahía Concepción.

Los resultados obtenidos evidencian que los sedimentos del fondo de tres manantiales del manglar de la Playa Santispac están altamente enriquecidos en Hg (0.549 - 25.159 mg kg<sup>-1</sup>), pero la concentración de este elemento en los sedimentos se disminuye rápidamente dentro de la laguna de manglar (0.023-0.233 mg kg<sup>-1</sup>) y se encuentran en un rango 0.006 -0.060 mg kg<sup>-1</sup> en los sedimentos marinos colectados frente a la playa Santispac. El manganeso, un importante componente de las descargas geotermales e hidrotermales muestra la misma tendencia en la zona de Santispac. Sus altos contenidos (9120 mg kg<sup>-1</sup> y 2500 mg kg<sup>-1</sup>) se observaron en los sedimentos del segundo y tercer manantial de las aguas geotermales, mientras en los sedimentos del primer manantial fueron solo 460 mg kg<sup>-1</sup>, bajándose hasta 106-255 mg kg<sup>-1</sup> en los sedimentos de la laguna del manglar y a menores concentraciones 31-125 mg kg<sup>-1</sup> en los sedimentos marinos colectados frente la playa Santispac. El As tuvo contenidos elevados en los sedimentos de los manantiales (13.4-111.2 mg kg<sup>-1</sup>) y bajos tanto en los sedimentos de la laguna de manglar (0.7-2.6 mg kg<sup>-1</sup>) como en los sedimentos marinos de la zona adyacente a la playa Santispac (1.4± 1.1 mg kg<sup>-1</sup>). Otros elementos traza (Cu, Ni, Pb y Zn) en todos los sedimentos colectados fueron empobrecidos al comparar su concentración con sus abundancias promedios en la corteza continental, siendo un poco más altos en los sedimentos de los manantiales (Cd 1.6-16 mg kg<sup>-1</sup>; Cu 19.9-23.0 mg kg<sup>-1</sup>; Ni 16.7-20.3 mg kg<sup>-1</sup>; Pb 3.8-10.1 mg kg<sup>-1</sup> y Zn 53.7-67.7 mg kg<sup>-1</sup>) y muy bajos en los sedimentos marinos de la zona del estudio, debido a la dilución de estos elementos por los carbonatos de calcio biogénicos que forman la mayor parte de la matriz

sedimentaria en la zona. La costra de la pared del segundo manantial geotermal del manglar de Santispac se destaca por muy altos contenidos de Mn (10.35 %) y de As (637 mg kg<sup>-1</sup>) comparando con los sedimentos del propio manantial y de otras muestras de los sedimentos superficiales del área del estudio.

Con respecto a los elementos de tierras raras, los sedimentos de Santispac muestran en general anomalía negativa de Eu, al igual que los sedimentos de los manantiales y de la laguna de manglar. Esto puede indicar que los fluidos geotermales si tienen influencia sobre los sedimentos de Santispac. Caso contrario sucede en los sedimentos de las ventilas submarinas, los cuales presentan anomalía positiva de Eu, excepto en la estación donde emana el fluido hidrotermal.

### **CONDICIONES CRÍTICAS PARA LA PRECIPITACIÓN DE CARBONATOS EN FORMACIONES DEL TIPO “BEACHROCKS”. UN ESTUDIO BASADO EN MODELOS ESPECIACIÓN-REACCIÓN**

Aitor Rumín y Lidia Queraltó

*<sup>1</sup>Facultad de ciencias del mar. Universidad de Vigo.*

*aitor.rumin@gmail.com*

Los “beachrocks” son formaciones sedimentarias costeras que resultan de la precipitación de cementos carbonatados, principalmente calcita, calcita magnesiana (hmc), aragonita y dolomita. La litificación suele tener lugar de manera preferente en la zona intermareal, y sólo ocasionalmente en la parte alta de la zona del submareal o en la parte baja del supramareal. El origen de los cementos que constituyen los “beachrock” es, en la actualidad, objeto de debate, en particular en lo que concierne al hecho de que los procesos físico-químicos involucrados sean puramente inorgánicos o estén controlados biológicamente por diversas formas de acción microbiana.

En este trabajo se han modelizado las condiciones termodinámicas para la precipitación de los distintos tipos de carbonatos que constituyen los cementos involucrados en los “beachrocks”, empleando para ello códigos informáticos del tipo especiación-reacción. La parametrización se ha realizado mediante el programa phreeqc (parkhurst y appelo, 1999) y se ha partido en todos los casos de un proceso de mezcla de agua de mar y agua dulce como variable inductora de la precipitación de carbonatos, con estas condiciones se han realizado dos tipos de modelos geoquímicos: modelos de equilibrio y modelos cinéticos. En el primer caso se asume que la precipitación tiene lugar de manera instantánea, esta aproximación se ha utilizado para analizar la influencia individual de las distintas variables (temperatura, salinidad, ph, concentración de co<sub>2</sub>) sobre el proceso de precipitación de fases carbonatadas. Como resultado, los modelos de equilibrio realizados muestran que la variación de la temperatura puede ser una variable inductora de la precipitación de los carbonatos, indicando que la probabilidad de encontrar formaciones tipo “beachrock” aumenta en aguas cálidas, asociadas una evaporación importante. Esto es, en zonas tropicales o subtropicales. Además, los modelos muestran como el producto de solubilidad del carbonato cálcico tiene una importante dependencia de la salinidad, por lo que la mezcla de agua marina y meteórica induce la precipitación de los carbonatos y por lo tanto, la formación de “beachrocks”. Una importante limitación de los modelos de equilibrio es su incapacidad para predecir adecuadamente la precipitación de fases metaestables (aragonito y dolomita) que, sin embargo, son particularmente importantes en el caso de los “beachrocks” para obviar esta limitación se han realizado modelos cinéticos en los que se han incluido de forma explícita, expresiones de velocidad, tanto para la velocidad de cristalización de las distintas

fases de carbonatos, como para los procesos de evaporación de agua y gasificación de  $\text{CO}_2$  disuelto. Los resultados de este segundo tipo de modelos permiten describir adecuadamente la precipitación inicial de aragonito, a alta sobresaturación, así como su posterior transformación a calcita, y sugieren que la evolución mineralógica de los cementos en los "beachrock" está asociada a la acción combinada de un proceso de precipitación metaestable (ostwald stepping) seguido de un mecanismo de recristalización, inducido por el tamaño de partícula (ostwald ripening).

#### Referencias Bibliográficas:

Parkhurst, D.I. y Appelo, C.A.J., 1999. User's guide to PHREEQC (version 2): a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99-4259, 312 p

### GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS RECIENTES A LO LARGO DE LA PLAYA DE NAUTLA, GOLFO DE MÉXICO: IMPLICACIONES PARA ROCA FUENTE

Granados Ramírez Pamela <sup>1</sup>, John S. Armstrong-Altrin <sup>2</sup>, J.J. Kasper-Zubillaga <sup>2</sup>, A. Carranza-Edwards <sup>2</sup>, J. Madhavaraju <sup>3</sup>, Kinardo Flores-Castro <sup>1</sup>,  
Marius Ramírez-Cardona <sup>1</sup> y Cruz Martínez Adriana <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Carretera Pachuca-Tulancingo km. 4.5, Pachuca, Hidalgo, 42184, México.

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Geología Marina y Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, 04510, México D.F. E-mail: armstrong@cmarl.unam.mx

<sup>3</sup> Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apart. Postal 1039, Hermosillo, Sonora 83000, México

La composición de elementos traza y tierras raras (REE) de 15 muestras de arena de playa de la costa de Nautla han sido investigadas para comprender las características de la roca fuente. Las muestras fueron separadas por tamaño de grano de fino a mediano antes de su análisis geoquímico. Las concentraciones de elementos traza son generalmente bajas en comparación con los valores promedio de corteza continental superior (UCC); sin embargo, 5 muestras son ligeramente altas en contenido de Cr, Co y Nb. Las variaciones en valores de Zr (~ 108-307, n = 15) y Hf (~ 3.5-9.4) en relación con Zr/Sc (~ 14-32) sugieren el efecto de sorteo de los sedimentos durante el transporte.

En Condrita normalizada los patrones de REE de muestras de arena de Nautla muestran patrones similares REE con enriquecimiento de LREE (valor promedio ~ 85), empobrecimiento HREE (~ 16) y dominancia por una anomalía negativa de Eu ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = \sim 0.68$ ). La comparación de datos REE con la roca fuente localizada relativamente cerca al área de estudio sugiere que las arenas de Nautla son derivadas de fuentes compuestas de riolitas y andesitas. Esta interpretación es también soportada por la comparación hecha para valores de Sc, La, Th, Cr/V, Y/Ni y Th/Sc con la roca fuente. Las diferencias geoquímicas con respecto al tamaño de grano son pequeñas.

## ÍNDICES GEOQUÍMICOS DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

Vázquez Gutiérrez Felipe<sup>1</sup>, Herrera Rodríguez Miguel<sup>2</sup>, Alexander Valdés Héctor M<sup>1</sup>, Ortega Tenorio Patricia<sup>1</sup>, Díaz de León Hernández. Luz M<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Laboratorio de Físicoquímica. Cd. Universitaria 04510 D. F. México. [felipe@cmarl.unam.mx](mailto:felipe@cmarl.unam.mx).

<sup>2</sup>PEMEX-EXPLORACIÓN-PRODUCCIÓN, Región Marina Noreste, Seguridad Industrial y Protección Ambiental. Edificio Cantarell, Calle 25. Cd. Del Carmen, Campeche.

### Metodología

La colecta de muestras se realizó de 16 de mayo - 18 de junio, 2006 a bordo del B/O Justo Sierra de la UNAM. Se colectaron con un nucleador de caja a las profundidades de 0-1, 4-5 y 8-10 cm, las muestras fueron colectadas en bolsas de plástico previamente lavadas con una solución 0.5 M de HCl suprapuro y refrigeradas a 4°C. Las muestras se secaron a temperatura ambiente y se molieron en un molino PULVERISETTE 2, se usó el sedimento del tamiz de 0.65  $\mu$ m. Las muestras fueron digeridas por microondas con una mezcla de ácidos concentrados suprapuros HCl:HNO<sub>3</sub> (1:1). Los metales Ni, Pb y V fueron determinados con un equipo ICP/MS y utilizando estándares de referencia. Los parámetros estadísticos básicos (Tabla 1) muestran un incremento de la media con la profundidad para el Ni y V (Fig. 1). No se presentan valores salientes.

Tabla 1. Estadística básica.

	N	MEDIA	MÍNMO	MÁXIMO	D.E.
Ni-I	163	76.5899	3.546739	206.9522	47.51045
Ni-II	160	79.9727	2.740630	190.3780	47.83973
Ni-III	139	86.9886	4.903087	190.1125	46.97571
Pb-I	163	13.4913	0.248549	34.5222	7.90819
Pb-II	160	13.0999	-	30.7906	7.21692
Pb-III	139	13.7891	0.381355	30.0711	6.46756
V-I	163	90.8051	1.318678	274.1972	51.53793
V-II	160	93.7564	1.269586	261.6274	51.78390
V-III	139	100.0474	1.342365	217.8481	46.55900

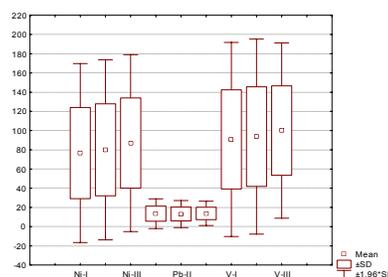


Figura 1. Diagrama de caja

### Resultados

La geoquímica de los sedimentos permite entender la historia reciente y pasada que conforman a los sedimentos marinos. En el sur del Golfo de México el níquel y vanadio se encuentran relacionados con la presencia de petróleo en el fondo marino, el plomo se relaciona con diversas actividades industriales incluyendo la petrolera. El cambio de estos metales respecto a la profundidad de un núcleo permitirá conocer la influencia de las actividades humanas. Para estimar en forma más concluyente éstas actividades se calcularon los índices de geoacumulación, factor de enriquecimiento, factor antropogénico, factor de contaminación e índice de Carga de Contaminantes (Kumar y Edward, 2009; Loska *et al.*, 2004; Muller 1969).

*Índice de geoacumulación* ( $\log_2 C_n/1.5B_n$ ): en los tres niveles de profundidad analizados para el níquel se observa que este índice tiene valores bajos en la Península de Yucatán que señalan una zona no-contaminada y que esta limitada por los límites de la zona carbonatada y terrígena. En la

zona terrígena se observa una zona no contaminada a moderadamente contaminada. La zona de las plataformas marinas y algunas chapopoterías muestran una zona moderadamente contaminada (Fig. 2). Frente al río Tonalá se observa una zona no contaminada de acuerdo a este índice. Para el plomo este índice muestra zonas no contaminadas en la zona N, NW y W de la Península de Yucatán, se alcanzan a observar zonas de no-contaminadas a moderadamente contaminadas en la parte E de la península que posiblemente señalan los aportes de plomo del Mar Caribe. Los tres niveles de profundidad siguen esta tendencia (Fig. 2). Al igual que el Ni el índice del Pb mantiene límites de no-contaminadas - moderadamente contaminadas a moderadamente contaminadas en la división de la zona carbonatada y terrígena. Para el vanadio este índice señala en la Península de Yucatán un área de no-contaminadas a moderadamente contaminadas con desplazamiento al W. El límite de esta zona aproximadamente corresponde a la zona carbonatada y terrígena. Se presenta una franja entre esta zona y la parte profunda que observa un área moderadamente contaminadas (Fig. 2).

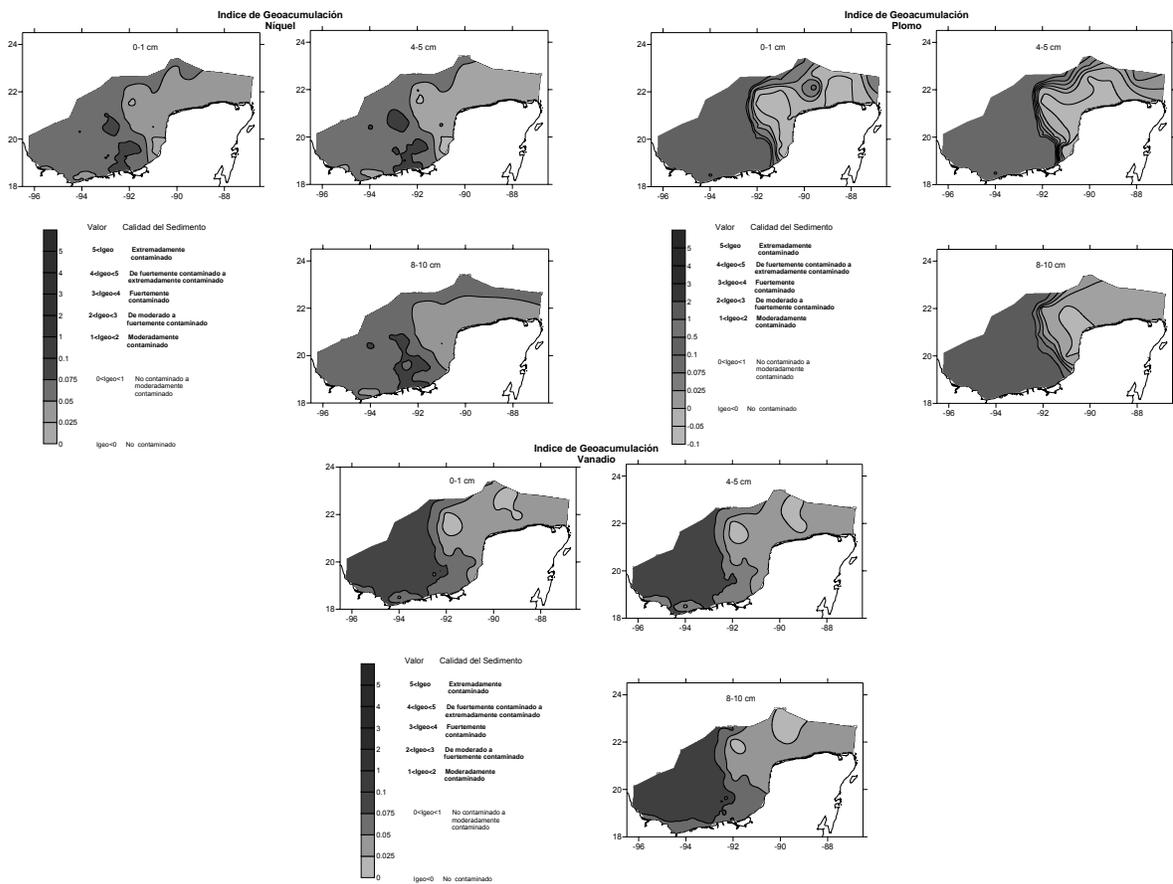


Figura 2. Índice de geoacumulación del níquel, plomo y vanadio en sedimentos.

Factor de enriquecimiento ( $[(C_n \text{ (muestra)} / C_{ref} \text{ (muestra)}) / [B_n \text{ (fondo)} / B_{ref} \text{ (fondo)}]]$ ;  $B_n$  y  $B_{ref} = Fe$ ): este factor muestra un intervalo de 0.35 – 899.40, 0.27 – 918.202 y 0.42 – 783.78 para las profundidades de 0-1, 4-5 y 8-10 cm. Se observan una zona extremadamente enriquecida de níquel, plomo y vanadio para los tres niveles en la zona N de la Península de Yucatán debido a la baja concentración de hierro (Fig. 3). Los puntos de las chapopoterías y principalmente zona terrígena presentan una categoría de moderadamente enriquecida para los tres metales.

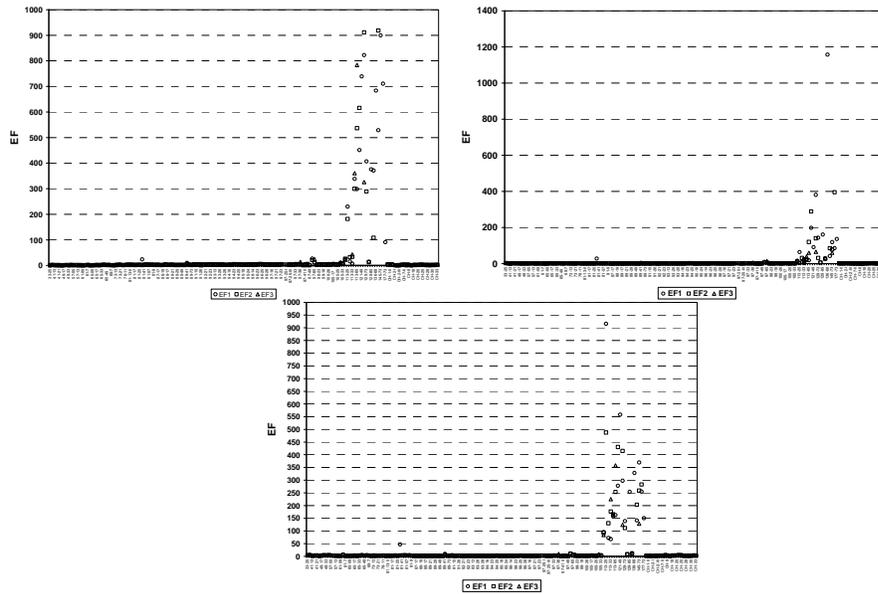


Figura 3. Factor de enriquecimiento del níquel, plomo y vanadio en sedimentos.

Factor de antropogénico (Cs/Cp; s= concentración en superficie; p= concentración en parte profunda del núcleo): valores >1 muestran un ligero enriquecimiento de los metales analizados (Fig. 4) y se localizan en la mayor parte del área de estudio, el 95% de os valores presentan un valor <1.5. Valores ≤ 1 muestran que no existe enriquecimiento de origen antropogénico. Para el Pb se presentan mayor cantidad de casos que tienen un AF > 1.5 (Fig. 4). Es notorio que la zona de las chapopoteras y de las plataformas marinas presenten cambios semejantes a los puntos de muestreo donde no se presenta explotación petrolera o chapopoteras.

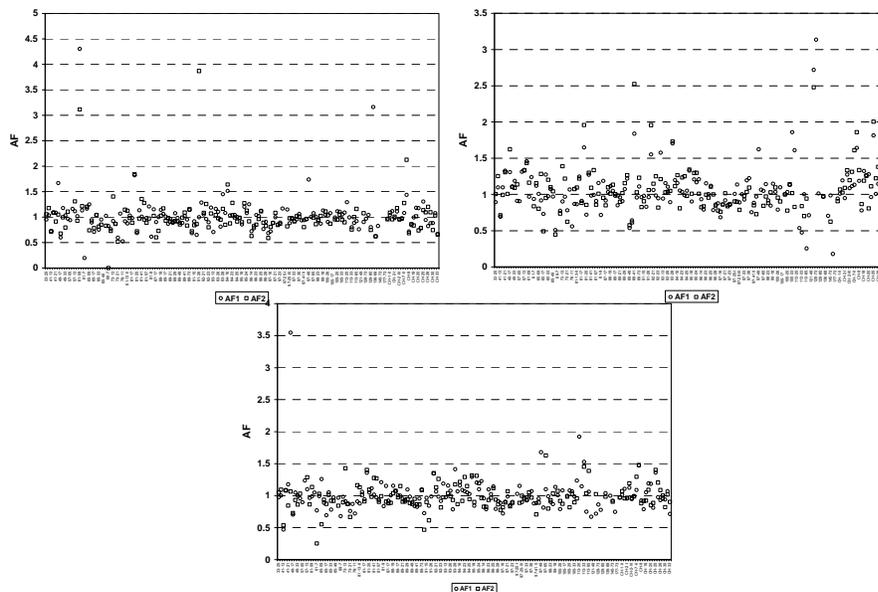


Figura 4. Factor antropogénico del níquel, plomo y vanadio en sedimentos.

Factor de Contaminación: para este factor se tomaron en cuenta las estaciones donde se localizan chapopoterías, zona petrolera actual y regional (que incluye todos los puntos). Este factor para el níquel muestra para los puntos regionales de los dos primeros estratos contaminación baja, para las otras localizaciones y estratos los valores muestran una contaminación moderada (Tabla 2). Para el Pb se presenta una contaminación baja excepto para la localización de las chapopoterías para los estratos de 0-1 y 4-5 cm, que presentan una contaminación moderada (Tabla 2). El V muestra una contaminación baja en la zona petrolera actual y los estratos 0-1 y 4-5 cm de los puntos regionales, los demás estratos presentan una contaminación moderada (Tabla 2). El índice de carga de contaminantes muestra valores que se señalan una zona de poco a moderadamente contaminada, los mayores valores en las chapopoterías se deben al contenido alto de níquel y vanadio.

Tabla 2. Factor de contaminación.

LOCALIZACIÓN	FACTOR DE CONTAMINACIÓN									ÍNDICE DE CARGA DE CONTAMINANTES		
	Ni			Pb			V			0-1	4-5cm	8-10cm
	0-1	4-5cm	8-10cm	0-1	4-5cm	8-10cm	0-1	4-5cm	8-10cm	0-1	4-5cm	8-10cm
CHAPOPOTERAS	1.20	1.33	1.42	1.33	1.16	1.05	1.28	1.30	1.18	4.28	4.25	3.97
PETROLERA	2.25	2.27	2.40	0.54	0.54	0.56	0.57	0.63	0.73	2.51	2.65	2.96
REGIONAL	0.97	1.02	1.20	0.81	0.88	0.88	0.95	0.95	1.10	2.59	2.76	3.23

### Conclusiones

Este análisis muestra que el sur del Golfo de México es un área poco impactada, contrario a lo que señala en diversas publicaciones, las cuales describen solamente a la zona costera o la zona de las plataformas marinas, pocos trabajos presentan una evaluación geoquímica en la zona marina del golfo. Los impactos de la actividad petrolera actual son puntuales. Se deberán de tomar en cuenta diversas interacciones de los metales con  $Eh^\circ$ ,  $H_2S$ , materia orgánica, textura, carbono total, % de carbonatos entre otras variables para entender mejor la geoquímica de los metales en los sedimentos marinos del golfo. Se deberá de tener en cuenta valores de referencia del Golfo de México para proponer índices acorde con sus características marinas.

### Referencias bibliográficas

- Hakanson L. 1980. *Wat. Res.* 14: 975-1001.  
 Loska K., Wiechula D. and Korus I. 2004. *Environmental International.* 30: 159-165.  
 Kumar S. P. and Edward .K.P. 2009. *Indian Journal of Marine Sciences.* 38(2): 235-248.  
 Muller G. D. 1981. *Chemiker-Zeitung.* 6: 157-164.

## PARAMETROS DE CRECIMIENTO DE *Montastraea faveolata* COMO TRAZADORES DE CONDICIONES AMBIENTALES EN EL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO

Constanza Ricaurte Villota<sup>1</sup>, José D. Carriquiry Beltrán<sup>1</sup>, Julio Alberto Villaescusa Celaya<sup>1</sup> y Guillermo Horta Puga<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Geociencias Ambientales, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California ([sasyricaurte@yahoo.com](mailto:sasyricaurte@yahoo.com), [jose\\_carriquiry@uabc.mx](mailto:jose_carriquiry@uabc.mx), [jvilla@uabc.mx](mailto:jvilla@uabc.mx)).

Km 103 Carretera Tijuana – Ensenada, C.P. 22830, Ensenada, Baja California, México

<sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, Estado de México, México ([horta@servidor.unam.mx](mailto:horta@servidor.unam.mx)).

El estudio de las bandas de densidad presentes en los esqueletos de coral provee valiosa información sobre condiciones ambientales en la que los corales crecen. Los parámetros de crecimiento (tasa de crecimiento, densidad y tasa de calcificación) han mostrado estar correlacionados con la temperatura superficial del mar a diferentes escalas espaciales y temporales. La tasa de crecimiento esquelético (mm año<sup>-1</sup>) del coral *Montastraea faveolata* del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), se incrementó durante la fase positiva (en invierno) de los forzamientos atmosféricos que operan en el sur del Golfo de México, como el Patrón Pacífico/Norte América (PNA), la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) y la Oscilación Decadal del Pacífico. Esto significa que el crecimiento anual responde a la extrema variabilidad de largo plazo de la TSM de la región (en escalas decadal - multidecadal). La cercana relación entre la tasa de crecimiento con la variabilidad del PNA, NAO y PDO, sugiere que los corales responden no solo a cambios en la TSM sino a las amplias condiciones climáticas resultantes de los cambios en circulación atmosférica que afectan el sur del Golfo de México. Estos resultados indican también que es posible reconstruir la variabilidad histórica del PNA, NAO y PDO en escalas de tiempo que exceden las de los registros instrumentales.

## PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA POR ORO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL INTRUSIVO EL CALVARIO, JACALA DE LEDESMA, HIDALGO, MÉXICO.

José Antonio Zamorano\*, Kinardo Flores\*\*\*, José Luis Cadena, Juan Hernández, Màrius Ramírez, Ester Magos, Milton Mendoza

Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra y Materiales (CICTyM). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.

El área de estudio se localiza al noroeste del Estado de Hidalgo, en el municipio de Jacala de Ledesma, entre las coordenadas extremas 20°45'–21°00' N y 99°00'–99°20' W. Esta zona se encuentra emplazada en la Sierra Madre Oriental, constituida por pliegues irregulares, generalmente paralelos con orientación NW-SE resultado de la Orogenia Laramide, al sureste de la Plataforma Valles-San Luís Potosí. El objetivo de este trabajo es la prospección geoquímica por Au y el estudio de las mineralizaciones asociadas al intrusivo El Calvario, tanto en roca, mineral de mena, estructuras y sedimentos de arroyo. La mineralización está relacionada a un *skarn* cálcico (rico en granate) resultado del metamorfismo de contacto–metasomatismo entre roca caliza cretácica de la Formación El Abra y las cuarzomonzodioritas del intrusivo El Calvario. En esta área se colectaron 24 muestras, de las cuales 7 son de mineral de mena de la mina El Refugio y las 17 restantes de sedimentos de arroyo pertenecientes al patrón de drenaje con influencia a la mina. La mineralogía de mena en el cuerpo mineralizado en el área de la mina El Refugio, está constituida principalmente por óxidos

(hematita) y en menor cantidad sulfuros (pirita y calcopirita) que incorporan especies secundarias de cobre (malaquita y crisocola).

Las muestras con mineral de mena se tomaron *in-situ* sobre el cuerpo mineralizado aflorante. Los sedimentos de arroyo se homogenizaron mediante cuarteo directamente en el sitio de muestreo, recuperando un promedio de 20kg de arenas y gravas que se embalaron para su transporte al laboratorio. En las instalaciones universitarias se secaron a temperatura ambiente y se volvieron a cuartear para reducir el tamaño de muestra y concentrar valores. Posteriormente se pasaron por la mesa *Wilfley* para separar los minerales densos y concentrarlos nuevamente. Las muestras resultantes de la preparación mecánica, homogenización y concentración se digestaron en medio ácido con HNO<sub>3</sub> - agua regia y también por el método de NaCN, para cuantificar los valores Au y eliminar las interferencias de hierro, para posteriormente ser leídos por absorción atómica (AA), proceso que actualmente se está llevando a cabo.

La mineralización aurífera en este yacimiento se encuentra asociada con telururos de Au, Ag y Bi en micro-inclusiones observadas al microscopio electrónico de barrido con espectrómetro de energía dispersiva de rayos X (MEB-EDS) en cristales de calcopirita, con tamaño de partícula del orden de 1 a 1.5  $\mu\text{m}$ .

### **MINAS DE ARENA Y GRAVA, FUENTE POTENCIAL DE UN PLACER ARTIFICIAL PARA LA OBTENCIÓN DE ORO Y MINERALES DENSOS.**

<sup>1</sup>, José Luis Cadena Zamudio<sup>2</sup>, Kinardo Flores Castro<sup>2</sup> y Fidel Pérez Moreno<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Geoquímica, Petrología y Prospección Geológica, Universidad de Barcelona, España.*

<sup>2</sup> *Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.*

La recuperación de oro de arenas y gravas destinadas a la industria de la construcción, ha demostrado ser un proceso exitoso en la Comunidad Económica Europea. Desde su implementación experimental en el año 2003, han motivado el desarrollo de una nueva perspectiva sobre la exploración y explotación de yacimientos auríferos en un continente donde la minería está francamente a la baja, no así la industria de la construcción que al igual que en otros países tiene un crecimiento sostenido. La metodología usada para la recuperación de oro ha sido por procesos gravimétricos, mismos que han sido ampliamente aceptados por una rígida legislación ambiental europea. La actual crisis económica mundial, crea una incertidumbre ominosa sobre la industria en general. Sin embargo, la mayoría de las economías que pretenden salir a la brevedad posible de esta situación, priorizan políticas que apuntalen el desarrollo de su industria de la construcción, pues esta a demostrado a lo largo de la historia humana, el ser un detonante fundamental en la generación de empleo y riqueza de las naciones. Así, estos investigadores pretenden contribuir a develar una nueva perspectiva en México sobre la optimización de los procesos económicos y productivos de esta rama de la minería, por medio de la recuperación del oro y minerales densos contenidos en minas de arena y grava.

**DISTRIBUCIÓN DE ARSÉNICO EN JALES PROVENIENTES DE YACIMIENTOS TIPO SKARN**

Villaseñor Cabral María Guadalupe<sup>1\*</sup>, Armienta Hernández María Aurora<sup>2</sup> y Linares López Carlos<sup>2</sup>

1.-Instituto de Geología UNAM Ciudad Universitaria 04510 México D. F.

2.-Instituto de Geofísica UNAM Ciudad Universitaria 04510 México D.F.

\*correo electrónico: mgvc@servidor.unam.mx

En el cinturón de plomo-plata-zinc del centro de México existe un tipo de yacimiento con diversos minerales de arsénico, siendo el más abundante la arsenopirita. Estos minerales se concentran en los jales que se generan en el beneficio de esos depósitos, por lo que los contenidos de arsénico son altos; dependiendo de su disponibilidad, dicho elemento puede ser sumamente nocivo para la salud. En vista de que la minería es una actividad básica para el desarrollo material de la sociedad, para que sea viable, es indispensable desarrollar métodos que establezcan los elementos potencialmente tóxicos, entre ellos el arsénico, y disminuir en lo posible su efecto en el ambiente, para ello debe conocerse la fase en que se encuentra.

En el presente trabajo se presentan los resultados de la mineralogía de diversos jales de una zona minera de ese cinturón, que fueron estudiados mediante microscopía óptica y electrónica y con un difractómetro de rayos X, y analizados numerosos puntos de diversos minerales, en particular las alteraciones, con una microsonda electrónica. El objetivo fue definir las fases que contiene el arsénico para complementar los estudios de movilidad. Fueron identificados diversos minerales de arsénico y varias fases con arsénico como oxihidróxidos de hierro y sulfatos de hierro. Los principales minerales primarios encontrados (provenientes del yacimiento) fueron: arsenopirita, tenantita y geocronita. Los principales minerales secundarios identificados fueron: oxihidróxidos de hierro con arsénico, entre ellos se encuentran, goethita, ferrhidrita, lepidocrocita y fases amorfas, y otros oxisulfatos de hierro como jarosita, natrojarosita, plumbojarosita además de diversos arseniatos que no han sido caracterizados con certeza.

La principal diferencia entre los depósitos de jales radica en que en algunos el As está presente como arseniatos y en otros se encuentra en los oxi-hidróxidos de hierro y en minerales primarios. Estas diferencias deben tomarse en cuenta al diseñar esquemas de remediación, puesto que la movilidad de As será diferente al exponerse los minerales que lo contienen a las condiciones ambientales. Es necesario también conocer las características de la unión entre el As y los oxihidróxidos de hierro, para lo cual es necesario el uso de técnicas que permitan diferenciar los enlaces, como el EXAFS.

## METODOLOGÍA DEL MUESTREO GEOQUÍMICO DE ROCAS Y SUELOS EN EXPLORACIÓN MINERA

García Grillet, Darcy K.<sup>1</sup> y Ortega-Rivera, Ma. Amabel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México*

<sup>2</sup>*Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México,  
L.D. Colosio y Madrid S/N, Apartado Postal 1039, 83000 Hermosillo, Sonora.*

*[darcyacu@hotmail.com](mailto:darcyacu@hotmail.com), [amabel@servidor.unam.mx](mailto:amabel@servidor.unam.mx)*

La Prospección o Exploración Geoquímica es la aplicación práctica de principios y métodos geoquímicos durante la exploración minera, desde que se inicia el trabajo de reconocimiento, cuando el yacimiento ya ha sido localizado, durante la explotación, para identificar la prolongación de yacimientos ya conocidos, y principalmente, durante la toma de decisiones de selección de zonas de interés para la explotación y perforación. El objetivo principal de la Prospección Geoquímica entonces, es expandir y/o localizar nuevos depósitos metálicos y no metálicos mediante mediciones sistemáticas de uno o más elementos químicos o sus componentes, los cuales usualmente ocurren en pequeñas cantidades. Es decir, reconocer anomalías químicas indicativas de una mineralización económicamente rentable. Por lo tanto, la metodología de muestreo condiciona el grado de certidumbre de los resultados, consecuentemente, es conveniente establecerla con anticipación según los fines, medios y escala a los que se ajuste y requiera un proyecto para que la colecta de las muestras se realice de un modo estandarizado, ya que ésta constituye un porcentaje significativo del costo total del mismo. El muestreo geoquímico de suelos y rocas es comúnmente empleado en la delineación y caracterización geoquímica del cuerpo mineralizado en áreas de interés particular, seleccionadas en base a los antecedentes geoquímicos, geológicos y geofísicos disponibles. La precisión y confiabilidad de esta caracterización va a depender de la planificación de la exploración; de una investigación preliminar o las experiencias con áreas parecidas; de la selección de los métodos; de la red de muestreo; de la colecta, identificación, empaque y transporte de las muestras y el análisis e interpretación de resultados. Ya que el muestreo geoquímico es primordial en la exploración y tiene un alto costo en tiempo-dinero en todo proyecto de exploración, se debe poner especial cuidado en la metodología del muestreo para asegurar que en todas las etapas se lleve a cabo con calidad, en especial en la prospección geoquímica a detalle, se deben tener controles estrictos de calidad para evitar riesgos de contaminación de muestras por recolección incorrecta, ya sea por coleccionar la muestra en una área contaminada o por el mal uso de herramientas y mal manejo de las mismas; la cantidad de muestra debe ser acorde con el método de análisis a utilizar; la base de datos con la ubicación espacial, descripción geológica y resultados de laboratorio debe ser correlacionable; se debe establecer un sistema para la inclusión de estándares en la recolección de muestras, entre otros. Es imprescindible la creación de estándares de muestreo geoquímico que nos permitan tener una data confiable. La creación y aplicación de estos controles debe ser llevada a cabo por el equipo de campo a realizar esta exploración, de esta manera será más factible evitar errores durante el proceso de exploración obteniendo con ello la calidad y confianza suficiente para promover un proyecto a una siguiente etapa, planificar las localidades de sondeo, perforación, etc., o incluso, la promoción del área para su explotación, negociación o venta.

## EVALUACIÓN DE EXACTITUD DE MODELOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR CONDUCTIVO Y CONDUCTIVO-CONVECTIVO PARA LA DETERMINACIÓN DE TEMPERATURAS ESTABILIZADAS DE FORMACIÓN EN POZOS GEOTÉRMICOS, PETROLEROS Y DE REGIONES PERMAFROST

Orlando Miguel Espinoza Ojeda<sup>1</sup>, Edgar Rolando Santoyo Gutierrez<sup>2</sup> & Jorge Alberto Andaverde Arredondo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ingeniería (Energía), Centro de Investigación en Energía, Universidad Nacional Autónoma de México. Priv. Xochicalco s/n, Col. Centro, Temixco, Morelos 62580, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Energía, Universidad Nacional Autónoma de México. Priv. Xochicalco s/n, Col. Centro, Temixco, Morelos 62580, México.

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad No. 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos 62210, México.

La explotación de los recursos geotérmicos actualmente es considerada como una opción viable y limpia de energía para enfrentar el reto del futuro de la energía debido a su madurez tecnológica y un desarrollo sustentable logrado en los campos geotérmicos del mundo. Sin embargo la industria petrolera sigue liderando el “mercado” de la demanda energética. Por lo tanto, aun son necesarias nuevas técnicas mejoradas para una estimación confiable de las reservas de calor almacenadas en los sistemas geotérmicos. Por otro lado, existe la problemática del cambio climático, algunas técnicas de cálculo de temperaturas usadas para inferir el cambio climático utilizan registros de perfiles de temperaturas versus profundidad y tiempo de shut-in de regiones permafrost. La determinación de las temperaturas estabilizadas de formación (TEF, también conocidas como temperaturas estáticas o no perturbadas de formación) constituye una tarea fundamental para una pronta evaluación térmica de los sistemas geotérmicos y petroleros, así como inferir el cambio climático a través de perfiles de temperatura de pozos permafrost. La TEF es comúnmente usada en una amplia variedad de aplicaciones geotérmicas y petroleras, tales como: (a) la estimación de los gradientes geotérmicos para la exploración de mapeo; (b) la determinación de flujos de calor; (c) el diseño óptimo de los programas de perforación y terminación de pozos; (d) la estimación de las reservas de calor de los sistemas geotérmicos; por mencionar algunas.

Numerosos métodos analíticos basados en modelos de fuente de calor lineal y cilíndrica (cualquiera de los dos modelos conductivo o conductivo-convectivo) han sido propuestos en la literatura para el cálculo de la TEF desde los registros de temperaturas de fondo de pozo (BHT, por sus siglas en inglés; bottom-hole temperature) y tiempo de shut-in. Si bien el progreso de investigación alcanzado en esta área, la aplicación de estos métodos a los datos de perforación de pozo ha conducido a una predicción no confiable de la TEF (cualquiera de los dos subestimación o sobreestimación) con grandes incertidumbres y fuertes inconsistencias entre los métodos usados. La mayoría de estos problemas se han basado en algoritmos físicos y no realísticos y estadístico-matemático que no han descrito el complejo proceso de perforación de pozo (el cual afecta la TEF del pozo).

Con el objetivo principal para resolver estos problemas, soluciones aproximadas y rigurosas de siete modelos de transferencia de calor fueron estadísticamente evaluadas, para la estimación de la TEF de pozos geotérmicos, petroleros y de regiones permafrost. Modelos de fuente de calor constante lineal y cilíndrica fueron seleccionados para representar los procesos de flujo de calor (ambos conductivo o conductivo-convectivo) presente en las operaciones de perforación de pozos. Una evaluación estadística de las principales fuentes de error envueltas en el uso de estos modelos fue llevado a cabo detalladamente. Los modelos de transferencia de calor, junto con sus soluciones aproximadas y rigurosas, fueron completamente evaluadas usando cuatro metodologías estadísticas:

(i) el uso de los modelos lineal y cuadrático para inferir la TEF; (ii) la aplicación de pruebas de linealidad para evaluar la verdadera relación entre la BHT y la función de tiempo en cada método seleccionado; (iii) el análisis estadístico comparativo entre las soluciones aproximada y rigurosa de cada método; y (iv) la evaluación estadística de la exactitud en cada método basado en pruebas de significancia, porcentajes de desviación, y regresiones lineal entre la “verdadera” TEF y las TEF estimadas por las soluciones aproximadas y rigurosas. Este estudio estadístico permitió determinar los parámetros que serían considerados para un confiable cálculo de la TEF, así como definir las restricciones donde los métodos aproximados y rigurosos podrían proveer estimaciones consistentes de la TEF.

**Autor:**

Dr. Edgar Rolando Santoyo Gutiérrez.. Centro de Investigación en Energía, Universidad Nacional Autónoma de México (CIE-UNAM), Privada Xochicalco s/n, Colonia Centro, Temixco, Morelos 62580, México. [esg@cie.unam.mx](mailto:esg@cie.unam.mx)

## CARACTERIZACIÓN DE UN FOSFATO HIDRATADO DE FIERRO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE DIFRACCIÓN Y FLUORESCENCIA DE RAYOS X: LA VIVIANITA DE LA MINA LA CARIDAD, SONORA, MÉXICO

Abraham Mendoza-Cordova<sup>1</sup> \*, Jesús R. Vidal-Solano<sup>1</sup>, Efrén Pérez-Segura<sup>1</sup>, y Enrique Espinoza-Medina<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Geología, Universidad de Sonora, 83 000 Hermosillo, Sonora.

<sup>2</sup>Mexicana de Cananea, S.A. de C.V., Nacoziari de García, Sonora.

\*[mendozacordova@ciencias.uson.mx](mailto:mendozacordova@ciencias.uson.mx)

### Introducción

La conjunción de los estudios de difracción y fluorescencia de rayos X es una excelente herramienta de análisis en la caracterización de materiales. El análisis de Difracción de Rayos X (DRX) permite distinguir las fases presentes y el refinamiento de su estructura, mientras que, con un estudio de Fluorescencia de Rayos X (FRX), es posible determinar la composición elemental del material. Las ventajas de los sistemas analíticos modernos de rayos X son numerosas: mínima preparación de muestras, tiempos cortos de medida, flexibilidad analítica, alta reproducibilidad y completa integración en los procesos automatizados. Aprovechando la infraestructura y disponibilidad de estos equipos en el área de rayos X del Laboratorio de Cristalografía y Geoquímica del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, se llevo a cabo un experimento con el fin de corroborar la determinación de un mineral (Vivianita) colectado en la mina La Caridad y, conocer su constitución física y química.

### Procedencia y descripción del mineral

El mineral estudiado procede de la mina *La Caridad* en Sonora (Fig. 1), la cual es, por su producción y reserva mineral, la mina más grande de México. Se trata de un yacimiento mineral de tipo pórfido cuprífero, el cual se hospeda en rocas granitoides laramídicas (Valencia et al., 2005).

La muestra se colectó en una zona pegmatítica del yacimiento. Los cristales analizados ocurren en vetillas y fracturas,

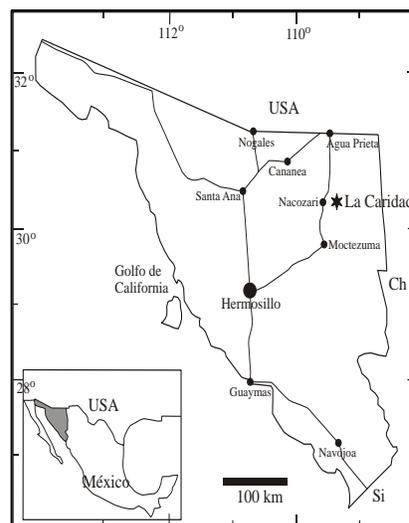


Figura 1. Plano de localización de la mina La Caridad.

acompañados de cuarzo, pirita, calcopirita y molibdenita dentro de la zona mineralógica de sulfuros primarios.

Los cristales de vivianita (Fig.2), son transparentes de un color verde esmeralda a verde oscuro, con brillo nacarado, de raya azul claro (en polvo se torna azul añil), en forma de cristales alargados prismáticos desde tamaños milimétricos hasta 10 cm de largo.

## Metodología

### *Preparación de las muestras*

La preparación consistió: a) en la separación del mineral (a mano) de otras asociaciones cristalinas, b) molienda de los cristales en un mortero de cerámica hasta alcanzar una porción suficientemente fina (menor a 50 micras), c) en la generación de vidrios de 34mm de diámetro (Lozano-SantaCruz et al.,2008): fusión del polvo en una mezcla de boratos de Litio (1gr de muestra por 9 de fundente) agregando 50µg de LiBr como agente liberante.



Figura 2. Fotos de los cristales de Vivianita estudiados en la mina La Caridad, Sonora.



### *Condiciones de medición*

El análisis de DRX se llevó a cabo mediante un difractómetro de rayos X marca *Bruker*, modelo *D8 Advance* con radiación de  $\text{Cu K}\alpha$  y longitud de onda de 1.5406 Å. El rango de barrido fue de 9° a 57° (2 $\theta$ ), este espacio de medición se determinó previamente con un barrido rápido para establecer la localización de los picos en el espectro, posteriormente se llevó a cabo la medición definitiva con una velocidad de 1° /min. El paso del goniómetro para el barrido fue de 0.02°, la rendija del tubo y del detector fueron de 1 mm, el voltaje y el amperaje aplicado a la muestra fue de 35Kv y 25mA, parámetros utilizados convencionalmente para muestras geológicas, posteriormente, la misma muestra fue corrida una vez más bajo las mismas condiciones de trabajo anteriores pero con incrementó de la potencia a 40Kv y 30mA.

La segunda medición se hizo con el objeto de ver si, bajo esas nuevas condiciones, pudiera surgir un nuevo pico en el espectro, sin embargo, después de repetir la medición, el espectro presentó los mismos picos, pero en esta ocasión se consiguió una mayor intensidad y una mejor resolución (Fig.3), lo cual fue de mucha ayuda para llegar a determinar el patrón PDF de los ocho con

los que cuenta la base de datos (para el mineral vivianita) en el fichero JCPDS. El análisis de FRX se llevo a cabo en un espectrómetro de dispersión de longitudes de onda (WD-FRX) marca Bruker, modelo SRS3400 con tubo de Rh y ventana de Be de 75micras. Las perlas fueron primero analizadas en rotación bajo un método semicuantitativo de medida y con alta resolución (ST-LESS-HRVac) que no contempla el uso de estándares, sino el análisis y evaluación basada en una programa precalibrado con patrones de referencia para el equipo. Esta operación permite hacer una aproximación de composición detectando elementos y rangos de concentraciones, información necesaria para utilizar la curva de calibración adecuada en un posterior método cuantitativo.

### VIVIANITA

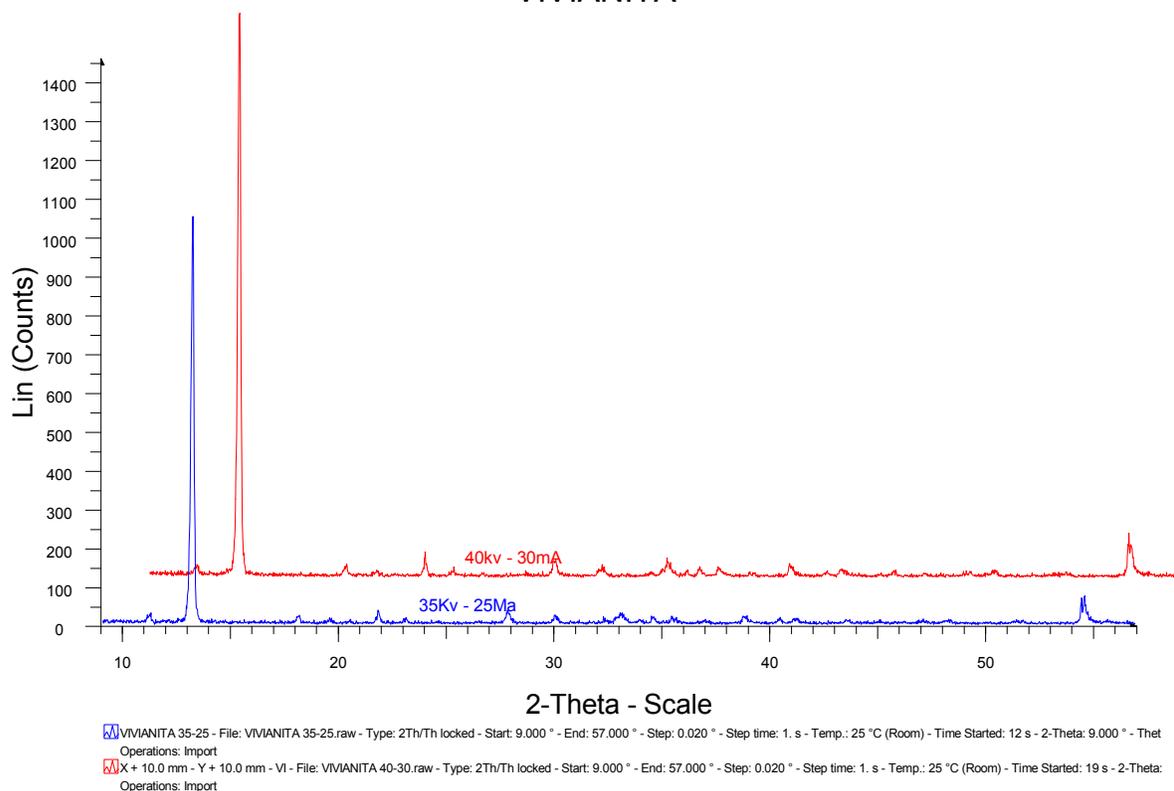
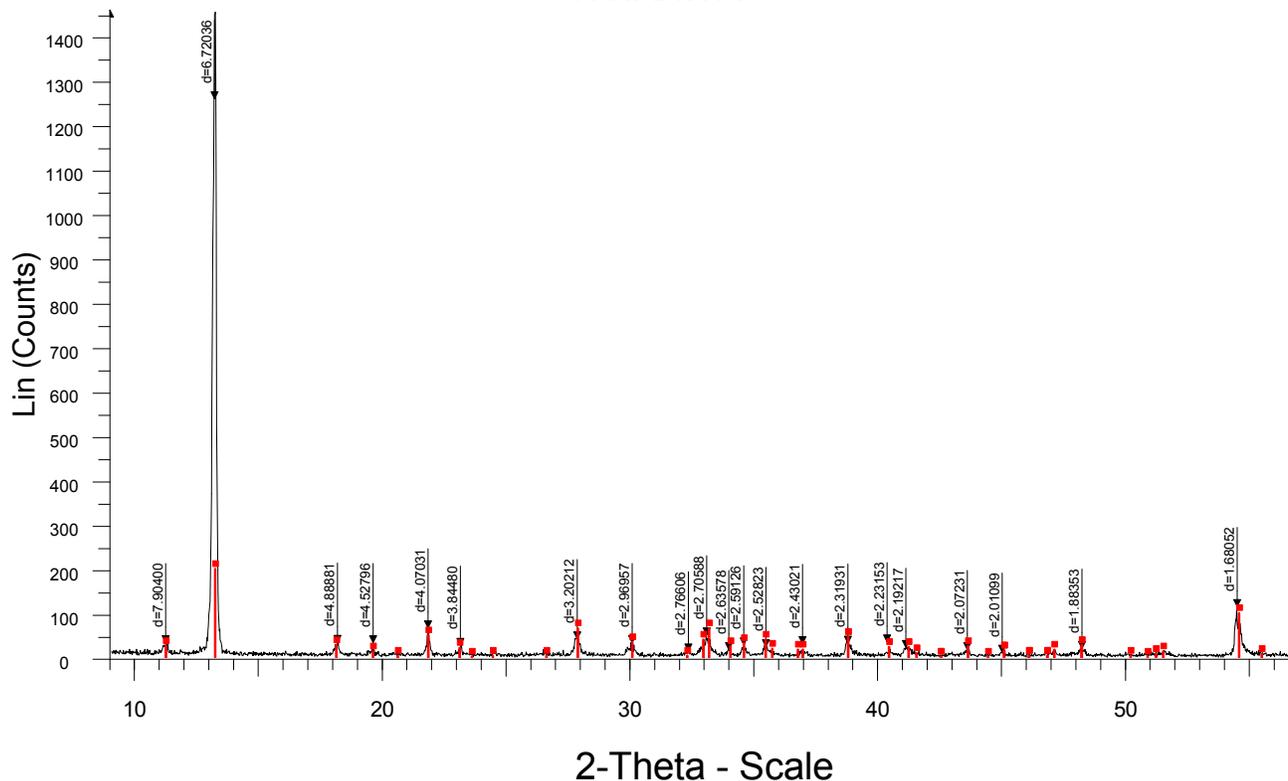


Figura 3.- Espectros DRX para la vivianita de La Caridad generados a partir de diferentes potencias.

Las mediciones finales se hicieron, con rotación en la muestra, bajo dos métodos cuantitativos: a) Mayores CRPG que fue construido con una curva de calibración que contiene estándares internacionalmente certificados de la serie francesa CRPG y b) Mayores IGL que fue elaborado con una curva de calibración construida con los estándares certificados mexicanos de la serie IGL del LUGIS, UNAM. Finalmente, los datos fueron calculados y evaluados con la ayuda de la última versión del Software analítico EVAL de SpectraPlus 1.6.6, corrigiendo las variables alfa para compensar las influencias entre elementos (efecto matriz).

## VIVIANITA



VI - File: VIVIANITA 40-30.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 9.000 ° - End: 57.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 19 s - 2-Theta: 9.000 ° - Theta: 4.500 ° - Chi  
 Operations: Import  
 00-053-0854 (I) - Vivianite - (Fe,Mg,Mn)<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O - Monoclinic - I2/m (12) - 617.565 -

Figura 4. Espectro de difracción de rayos X para la vivianita de La Caridad comparada con espectro de referencia para una vivianita de composición:  $(\text{Fe,Mg,Mn})_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .

## Resultados

En la figura 4, se muestra el difractograma de la especie medida, con sus respectivas distancias interplanares en cada pico. En él, se observa el perfecto ajuste de los picos a las líneas de la ficha 53-0854 del JCPDS, correspondiente a un espécimen de Vivianita del Macizo de Kovdor en Rusia, reportado por Liferovich et al. (1999), el cual se caracteriza por tener una composición de  $(\text{Fe, Mg, Mn})_3(\text{PO}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_8$ .

Esta analogía permite establecer que los parámetros cristalográficos del espécimen analizado corresponden con un grupo espacial I2/m (12), con valores de la celda unitaria:  $a=10.2$ ,  $b=13.44$ ,  $c=4.69$ . En la tabla de valores de las distancias interplanares (d) y los índices de Miller de la ficha 53-0854, se puede ver como la línea de mayor intensidad ( $I=100$ ) que tiene índices de Miller (0, 2, 0) y distancia interplanar de 6.71, se encuentra centrada en el pico más intenso del diagrama (localizado en  $2\theta = 13.18$  de la figura 4), así mismo sucede con la mayoría de las líneas y los picos de pequeña intensidad del espectro. De acuerdo con los datos de la ficha se establece que el sistema cristalográfico de nuestro mineral estudiado corresponde al monoclinico, aunque otras variedades reportadas en la literatura reportan también un sistema triclinico.

Los resultados del análisis de elementos mayores por WD-FRX son presentados en la Tabla 1, así como una comparación con los datos clásicos de Dana y Ford (1932). Estas concentraciones fueron derivadas luego de una integración con los valores del H<sub>2</sub>O considerando el cálculo por medio de la pérdida por ignición. Los valores de H<sub>2</sub>O, aquí encontrados, resultan más bajos que los reportados en la literatura. Los contenidos de los elementos mayores muestran, que este Fosfato de Hierro octahidratado Fe<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>8</sub>, presenta ligeras concentraciones adicionales de MnO, SiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. La presencia de Mn es enteramente esperada, dado que este elemento pueden sustituir al Fe en la Vivianita, tal y como se había determinado en el estudio de DRX, dando un carácter distintivo al espécimen de La Caridad. Por otro lado, las concentraciones de Si y Al pueden ser asociadas a pequeñas impurezas en el cristal.

Elementos Mayores	Método Mayores CRPG	Método Mayores IGL	Dana y Ford (1932)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	27.96	26.54	28.3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> total	45.48	46.96	
FeO total	ND	ND	43.0
H <sub>2</sub> O	24.2	24.2	28.7
SiO <sub>2</sub>	0.94	1.36	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.45	0.324	
MgO	ND	ND	
MnO	0.557	0.586	
Total	100.58	100.01	100.0

. Tabla 1. Análisis químicos de la vivianita de La Caridad y datos comparativos.

### Conclusiones

Se corrobora la existencia de Vivianita en la Mina La Caridad mediante los análisis de Difracción y Fluorescencia de Rayos X. Este fosfato de hierro hidratado corresponde a una variedad monoclínica, con ligeras concentraciones de Mn y Mg que son asociadas al Fe en la estructura del mineral. Por otra parte, se ilustra con este ejemplo de caracterización, la valiosa información que puede ser generada por la conjunción de los equipos de análisis de Rayos X. Futuros análisis por técnicas de ICP servirán en el laboratorio para establecer este mineral como muestra de referencia para los análisis de FRX en muestras con tan altos valores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Agradecimientos: Se agradece a la Dra. Diana María Meza Figueroa por su entera disposición en el cálculo de la pérdida por calcinación.

### Referencias bibliográficas

- Dana, S.E., Ford, W.E., 1932, A textbook of Mineralogy; John Willey & Sons Inc, p. 721.
- Liferovich, R., Pakhomovsky, Y., Yakovenchuk, V., Bugdanova, A., Bakchisaraitsev, A.(1999) - Zap. Vseross. Mineral. O-Va, 128, 109p.
- Lozano-Santa Cuz, R., Vidal-Solano, J.R., Mendoza-Córdova, A., Peñaflores, P., Ortega-Rivera, A., 2008, Avances en el proceso de validación del método de WD-FRX para análisis de elementos mayores en rocas: Laboratorio de rayos X de la UNISON: XVIII Congreso Nacional de Geoquímica, Hermosillo, Sonora, México. *Actas INAGEQ*, 18-N°1, pag.6.

Valencia, V.A., Ruiz, J., Barra, F., Geherls, G., Ducea, M., Titley, S.R., Ochoa-Landin, L., 2005, U-Pb zircon and Re-Os molybdenite geochronology from La Caridad porphyry copper deposit: insights for the duration of magmatism and mineralization in the Nacozari District, Sonora, Mexico: *Mineralium Deposita*, 40, p. 99-105.

## RESTOS FÓSILES ASOCIADOS A YACIMIENTOS DE FLUORITA EN EL NOROESTE DE COAHUILA, MÉXICO.

Blanco-Piñón, A\*<sup>1</sup>., Hernández-Avila, J<sup>1</sup>. Ramírez-Cardona, M<sup>1</sup>., Silva-Martínez, L.E<sup>2</sup>., Arenas-Flores, A<sup>1</sup>., Lizárraga-Mendiola, L<sup>3</sup>. Porras-Múzquiz, H<sup>4</sup>.

1.- *Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra y Materiales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5. Col. Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo.*

\*Autor correspondiente: blanco.earthsciences@gmail.com

2. *Laboratorio de Paleobiología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Av. Pedro de Alba y Manuel L. Barragán s/n, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza Nuevo León, C.P. 66452,*

3.- *Área Académica de Ingeniería. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5. Col. Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo.*

4.- *Museo Histórico de Múzquiz.*

### Introducción

En el norte de México, desde hace varias décadas se explotan yacimientos de fluorita con fines comerciales. En el norte de Coahuila, existen varias minas de donde se extraen anualmente cientos de toneladas de este mineral. Recientemente, se han propuesto dos modelos que tratan de explicar el origen de estos yacimientos (Levresse et al., 2006): 1) Depósitos tipo Mississippi-Valley (MVT), yacimientos producto de fluidos mineralizantes, epigenéticos y estratoligados presentes en carbonatos asociados a evaporitas formadas en bordes de plataformas carbonatadas, como es el caso de la mina La Encantada (González-Partida et al., 2002) y 2) Zonas de metasomatismo (skarns) portadoras de fluorita en contacto con intrusivos rióliticos (Levison, 1962) tales como la mina El Pilote (Temple and Gronan, 1963; Levresse et al., 2006). Aunque en años recientes la mayor parte de estudios realizados en este tipo de yacimientos han sido enfocados para entender los procesos genéticos de este tipo de depósitos, poca o nula atención se ha prestado al material fósil presente en las rocas encajonantes de estos yacimientos. En una mina situada en el Distrito Minero de la Encantada, situado a aproximadamente 200 km al norte del municipio de Múzquiz, Coahuila (Figura 1), en capas de la Formación Boquillas (Cretácico Superior), además de la extracción de fluorita, se han rescatado diversos grupos de invertebrados fósiles tales como bivalvos y ammonites, y ocasionalmente algunos braquiópodos. Estos fósiles tienen la peculiaridad de estar afectados por la mineralización de fluorita que sufrió la roca encajonante, por lo que presentan una coloración violeta por su alta concentración de flúor. Adicionalmente, la presencia del inocerámido como *Cladoceramus undulatoaplicatus* ROEMER, permite asignar tentativamente una edad Coniaciano-Santoniano a los estratos encajonantes (ver Figura 2). El objetivo de este trabajo es dar a conocer el material fósil encontrado en esta mina además de proporcionar información preliminar sobre la composición química y en especial, el contenido de flúor de este material.

### Material y métodos de laboratorio

El material estudiado consiste en bivalvos y ammonites principalmente (Figura 2), aunque en algunas capas no afectadas por la mineralización se han observado ciertas impresiones de briozoarios. Los bivalvos consisten principalmente en formas no determinadas así como de ejemplares de

aproximadamente 0.5m de longitud asignados tentativamente a *Cladoceramus undulatoplicatus* ROEMER. Por otra parte, los ammonites consisten en moldes incompletos de la región ventral de la última vuelta. Las conchas, originalmente de aragonito, se encuentran totalmente disueltas; los moldes presentan una coloración azul-violeta por la alta concentración de fluorita.

El material analizado fue colectado de diferentes zonas afectadas por la mineralización. Algunos ejemplares fueron colectados directamente del núcleo de la zona mineralizada y el muestreo se fue extendiendo hacia las zonas menos afectadas por la mineralización, a aproximadamente 45 cm del núcleo. Casi todas las formas de bivalvos presentan la total disolución de la concha, especialmente aquellas colectadas en la zona del núcleo de la mineralización; mientras que los ejemplares situados en las partes más alejadas de ésta, presentan fragmentos no disueltos de la concha, la cual fue expuesta a procesos de neomorfismo durante la fosil-diagénesis. Este muestreo se realizó con el objetivo de conocer las variaciones en el tipo de preservación (presencia o ausencia de conchas, forma de las conchas preservadas). Posteriormente, un total de diez muestras de aproximadamente 1cc pertenecientes a 7 especímenes fueron analizadas mediante un Espectrómetro de Energía Dispersada de Rayos X (ESD por sus siglas en inglés) JEOL JSM-6300 (35 KV), con el propósito de conocer de forma preliminar el porcentaje de peso seco de flúor (%wt F) tanto en los moldes como en los remanentes de concha de los fósiles colectados.

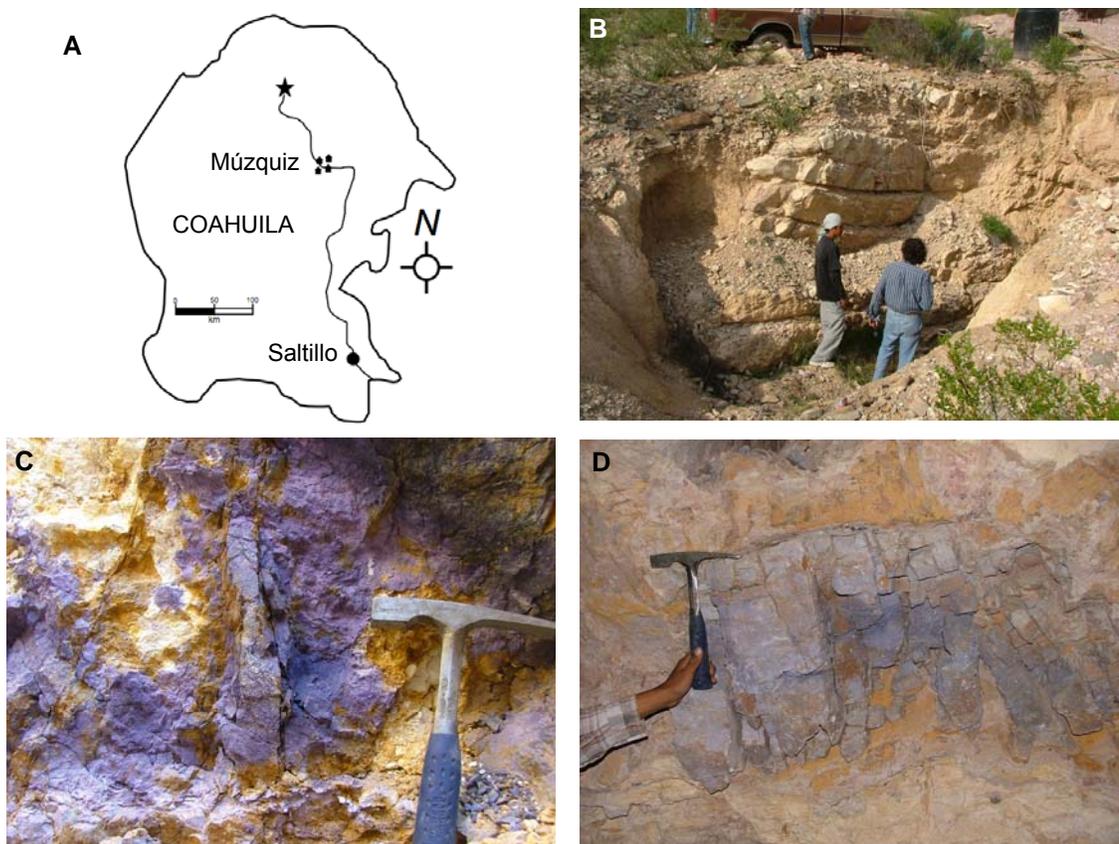


Figura 1. A) Localización del área de estudio. La estrella negra indica la posición aproximada de la mina. B) entrada de mina sin nombre, C) y D) mineralizaciones de fluorita.

### Resultados: Análisis EDS

Los análisis de EDS revelan variaciones en la cantidad de flúor de acuerdo a la ubicación de los ejemplares colectados de la mineralización de fluorita. Los valores más altos presentan variaciones entre 40 y 50 %wt F y corresponden a los especímenes colectados cerca del núcleo de la mineralización, mientras que los valores más bajos presentan variaciones entre el 9 % y 12%wt F, correspondiendo a los especímenes colectados de la parte más lejana del núcleo de la mineralización, pero aún bajo influencia de la misma. La figura 3 ilustra algunos de los porcentajes de peso seco de flúor obtenidos de diferentes especímenes.

Por otra parte, los valores de %wt F entre las impresiones de conchas de bivalvos y fragmentos de concha no fueron muy distantes entre sí. En los primeros, los valores para las impresiones de concha estudiadas variaron entre 20.96% y 20.30% wt F, mientras que los valores obtenidos para restos de conchas fueron de entre 20.96% y 26.98% wt F.



Figura 2. Restos fósiles de la mina mostrando principales estructuras así como estilos de preservación. A, B y C) *Cladoceramus undulatoplicatus* ROEMER. D, E y F) inocerámidos no determinados, G y H) ammonite no determinado. Escalas ilustradas en la figura. Diámetro de monedas en D y E = 2cm.

### Discusión y conclusión

De acuerdo con Levrese et al (2006), los yacimientos del distrito minero de “La Encantada”, sitio de donde se colectaron las muestras analizadas en este trabajo, son yacimientos tipo Mississippi Valley, donde el origen de las mineralizaciones de fluorita están asociadas a formación de aguas ricas en sodio, calcio y/o cloro que migran de cuencas sedimentarias circundantes durante deformación tectónica (González-Partida et al., 2003). Durante la migración de los fluidos mineralizantes a través de los carbonatos encajonantes, se establece un equilibrio entre las soluciones calientes y los carbonatos, lo cual evita que estos últimos se disuelvan (Corbella et al., 2007), permitiendo de esta manera, la preservación de moldes y de fragmentos de conchas de fósiles de invertebrados. Sin embargo, debido a la presencia de conchas originales en zonas no afectadas por la mineralización y la ausencia parcial o total de las mismas en zonas más afectadas por fluorita, no es posible establecer si los moldes existentes en los carbonatos mineralizados son producto de disolución de la concha original durante los procesos de fosil-diagénesis como lo sugieren algunas muestras, o bien,

las partes fueron disueltas durante la mineralización. Actualmente, estudios tafonómicos y geoquímicos están en proceso para establecer los procesos fisicoquímicos que permitieron este estilo de preservación de los invertebrados fósiles reportados en este trabajo.

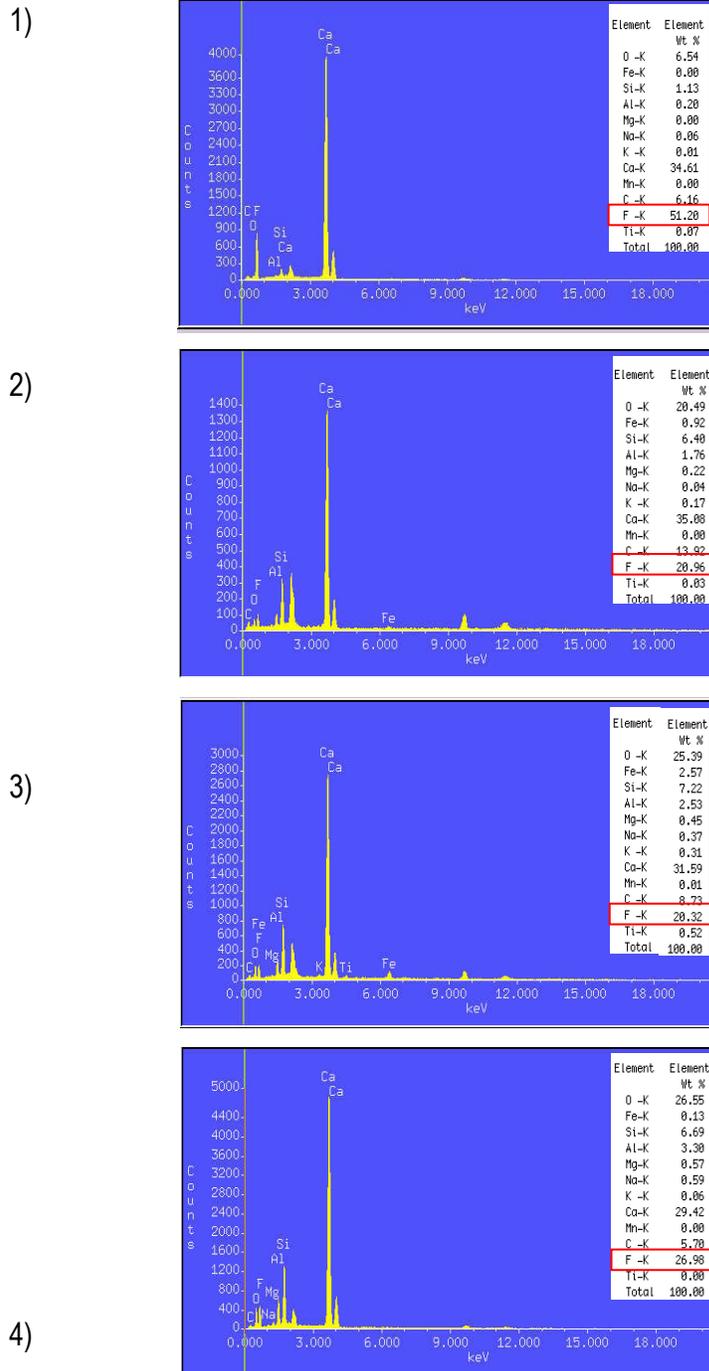


Figura 3. Figura que ilustra los porcentajes de fluorita en peso seco de algunos organismos analizados y que se ilustran en la figura anterior. 1) ejemplar A, 2) Ejemplar D (molde); 3) Ejemplar D (fragmento no disuelto de concha); 4) Ejemplar E (fragmento no disuelto de concha). (Acc Vol.=30kV, Take off angle=42.73 deg).

## Referencias

- Corbella, M., Cardellach, E., Ayora, C. 2007. Disolución y precipitación de carbonatos en sistemas hidrotermales. Implicaciones en la génesis de depósitos tipo MVT. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LIX(1): 33-99.
- González-Partida, E., Carrillo-Chávez, A., Grimmer, J.O.W., Pironon, J., Mutterer, J., Levresse, G. 2003. Fluorite deposits at Encantada-Buenavista, Mexico: products of Mississippi Valley type processes. Ore Geology Reviews 23: 107-124.
- González-Partida, E., Camprubí, A., Morales-Puente, P., Cienfuegos-Alvarado, E., Canet, C., González-Sánchez, F. 2008. Fisicoquímica de salmueras e hidrocarburos en cuencas petroleras y en depósitos minerales *tipo Mississippi Valley* y asociados. Parte II: ejemplos de la Cuenca de Sabinas y la Cuenca del Sureste, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 60(1): 23-42.
- González-Sánchez, F., Puente-Solis, R., González-Partida, E., Camprubí, A. 2007. Estratigrafía del Noreste de México y su relación con los yacimientos estratoligados de fluorita, barita, celestina y Zn-Pb. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LIX(1): 43-62.
- Temple, A.K., Gonan, R.M. 1963. Manto deposits of fluospar, northern Coahuila, Mexico. Economic Geology 58: 1037-1053.
- Levison, A.A. 1962. Beryllium-fluorite mineralization at Aguachile Mountain, Coahuila, Mexico. American Mineralogist 47: 67-65.
- Levresse, G., Tritlla, J., Villarreal, J., González-Partida, E. 2006. The "El Pilote" fluorite scam: A crucial deposit in the understanding and interpretation of the origin and mobilization of F from northeastern Mexico deposits. Journal of Geochemical Exploration 89: 205-209.
- Richardson, C.K., Holland, H.D. 1979. The solubility of fluorite in hydrothermal solutions, an experimental study. Geochimica et Cosmochimica Acta 43: 1313-1325.

## MICROTERMOMETRÍA E ISÓTOPOS DE $\delta^{34}\text{S}$ DEL CUERPO DE SULFUROS MASIVOS LOS MEXICANOS, AL SE DE LA SIERRA DE GUANAJUATO, GTO.

Jorge Jaime Mengelle López.

*Departamento de Recursos Naturales. Posgrado en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México.*  
[mengelo@geofisica.unam.mx](mailto:mengelo@geofisica.unam.mx)

La parte superior de la Formación La Esperanza en la porción sureste de la sierra de Guanajuato (cuenca *La Esperanza*), se caracteriza por una secuencia constituida de pizarras negras con cuarzo e intercalaciones de areniscas, flujos piroclásticos félsicos, pedernal y calizas de estratificación delgada a media, un flujo de lava de composición dacítica en la parte media, así como un granito afectando esta porción de dicha unidad. Dentro de las pizarras negras y suprayaciendo las dacitas, se localiza un cuerpo lenticular de piritita con esfalerita y calcopiritita de etapas posteriores así como de cuarzo (silicificación), reemplazando este dicha paragénesis. El horizonte de mineralización presenta una fuerte alteración filica hacia las partes laterales del cuerpo, así como en la base de esta estructura la silicificación es más intensa formando una estructura semejante a un *stockwork*. Se muestreó sobre una línea perpendicular al espesor del cuerpo así como en los contactos con la roca encajonante, clasificándose como la base, parte media y cima o tope del cuerpo de sulfuros masivos. En las muestras correspondientes a la base del cuerpo, se han observado dos grupos de inclusiones, uno se caracteriza por estar igualmente distribuidas y de tamaño uniforme (tipo I de 3 micras) mientras que el otro grupo presenta inclusiones orientadas sobre fracturas siendo de menor tamaño (tipo II de 2 micras); varias inclusiones alcanzan hasta 15 micras de tamaño (tipo III). De lo anterior el primer

grupo se ha establecido que pertenece a un bandeamiento más temprano de cuarzo. Las formas van desde semicirculares, semielípticas prismáticas hasta irregulares, mientras que las fases predominantes son líquido-vapor (bifásicas) aunque algunas inclusiones presentan únicamente líquido y esporádicamente con fase constituida de algún sólido, además de que otras inclusiones muestran una coloración café ámbar. El grado de relleno de manera general es de un 30%. Esta parte del cuerpo de sulfuros masivos se caracteriza por presentar temperaturas de homogeneización que pueden ser agrupadas por intervalos característicos, los cuales son 110.8°-123°C, 170°-196°C y 211°-321.3°C y las salinidades del fluido varían desde 11.46% hasta 18.13% en peso equivalente de NaCl. En la parte media del depósito las muestras presentan abundantes inclusiones, se observan dos grupos de inclusiones las cuales se mantienen de forma uniforme en tamaño (tipo I de 3 micras y tipo II de 5 micras) con una marcada alineación de ellas sobre probables fracturas. Las formas características de estas inclusiones van de semicirculares a circulares hasta llegar a ser de formas irregulares con dimensiones de hasta 20 micras (tipo III), siendo estas últimas no abundantes o características en las muestras. Las fases predominantes en este grupo de inclusiones son el líquido-vapor (bifásicas). En algunas inclusiones se observan en su parte interna, al líquido de color café ámbar. Esta parte del cuerpo de sulfuros masivos se caracteriza por presentar temperaturas de homogeneización que pueden ser agrupadas por intervalos característicos, los cuales son 235°-297°C y 317.1°-320.3°C y las salinidades del fluido varían desde 11.7% hasta 12.23 % en peso equivalente de NaCl. En las muestras de la cima del cuerpo, son abundantes las inclusiones fluidas, presentando una variedad de tamaños, desde 3 micras (tipo I) hasta 10 micras (tipo II), observándose de forma homogénea y regular la distribución de los tamaños y algunas (tipo III) alcanzan hasta 20 micras en tamaño. En algunas porciones se alcanzan a observar microfracturas rellenas de inclusiones. Las formas van de semicirculares, semielípticas hasta de formas irregulares en las de mayor tamaño. Estas inclusiones son bifásicas, predominantemente constituidas por líquido-vapor. Al igual que las anteriores inclusiones se observan en algunas zonas de las vacuolas una coloración café ámbar. Esta parte del cuerpo de sulfuros masivos se caracteriza por presentar temperaturas de homogeneización que pueden ser agrupadas por intervalos característicos, los cuales son 230°-291°C y 307°-337°C y las salinidades del fluido varían desde 11.7% hasta 12.23 % en peso equivalente de NaCl. Se han hecho análisis de las inclusiones con la microsonda Raman, en los diferentes niveles del cuerpo descrito y los espectros característicos de los gases detectados corresponden a CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>. También se seleccionaron granos de pirita de las muestras anteriores, para analizar los isótopos estables del S, donde los valores de  $\delta^{34}\text{S}$  de la pirita del cuerpo de sulfuros masivos de la mina Los Mexicanos, presentan un rango que varía desde -3.4‰ a 5.9‰ de  $\delta^{34}\text{S}$ . En niveles estratigráficos inferiores de la secuencia de pizarras negras se identificaron dos horizontes milimétricos de pirita, diferenciándose geoquímicamente por presentar valores de -3.7 ‰ y 17.4 ‰ de  $\delta^{34}\text{S}$ , siendo el primero similar a los valores mostrados por los sulfuros masivos de la mina Los Mexicanos. Los valores del  $\delta^{34}\text{S}$  de la pirita del cuerpo masivo, reflejan una marcada asociación a eventos magmáticos y una muy probable interacción con agua marina contenida en los sedimentos, por lo que se cree que el azufre ha sido aportado por los eventos volcánicos submarinos de composición dacítica, así como al intrusivo granítico mencionado. Los valores de las pizarras con laminaciones de pirita presentan valores similares, asociados a un aporte magmático, sin embargo los valores positivos reflejan un origen mas sedimentario, lo que sugiere la precipitación de los sulfuros bajo condiciones reductoras del ambiente marino. Con respecto al aporte de fluidos magmáticos en la precipitación de los sulfuros en esta secuencia de rocas marinas, la presencia consistente de N<sub>2</sub> en las inclusiones fluidas, reafirma la influencia de la actividad ígnea en estos procesos de mineralización.

## ESTUDIO GEOQUÍMICO Y GEOCRONOLÓGICO $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ DE LOS PLUTONES LARAMÍDICOS DEL ÁREA SOBAI SATECHI, SONORA, MÉXICO

Erika Almirudis-Echeverría<sup>1</sup>, Francisco A. Paz-Moreno<sup>1</sup>, Margarita López- Martínez<sup>2</sup> & Saul Herrera-Urbina<sup>1</sup>

*erika.almirudis@gmail.com*

<sup>1</sup>Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México

<sup>2</sup>Departamento de Geología, Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Ensenada, Baja California, México

Los intrusivos del área Sobai Satechi afloran al sureste del Batolito Oposura, en el centro-este del estado de Sonora, dentro de la provincia fisiográfica del *Basin and Range*. Están conformados por una serie de rocas plutónicas constituidas de gabro, diorita, monzonita y granito, cubriendo una superficie de 10 Km<sup>2</sup>. La evidencia de campo y las relaciones cortantes entre estos tipos petrográficos muestran una evolución regular desde los términos máficos hacia los términos félsicos en el tiempo. En el área se presentan en forma de techos colgantes rocas sedimentarias-carbonatadas de la plataforma cretácica y rocas volcánicas andesíticas, que son intrusionadas por estos plutones. La secuencia entera es cortada por diques máficos a intermedios, y a su vez es cubierta por vulcanismo ácido terciario.

Tres edades radiométricas fueron determinadas por el método  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , en biotitas para diorita y granito, y en plagioclasas para el gabro. El granito da una edad de  $63.5 \pm 0.3$  Ma., mientras que la edad de la diorita es de  $73.2 \pm 0.6$  Ma. Ambas edades sitúan a los intrusivos como pulsaciones laramídicas. Al comparar estas edades con la edad obtenida para el gabro, del orden de 50 Ma, "salta a la vista" una edad que debería ser superior a la de la diorita. Este "rejuvenecimiento" se puede explicar por perturbaciones ocasionadas por las intrusiones posteriores de los plutones y diques. Suposición confirmada por las relaciones de campo donde el gabro es cortado por estos intrusivos.

Se analizaron nueve rocas representativas de los intrusivos por roca total, que cubren un rango composicional de 48 a 73% en SiO<sub>2</sub>. El estudio normativo sobre estos resultados muestra la ausencia de cuarzo para los términos más máficos. El #mg  $\leq 40$  y los valores  $\leq 120$  ppm de Cr y 77 ppm de Ni, nos indica que las rocas básicas se encuentran ya diferenciadas. Los diagramas Harker muestran una correlación negativa normal en el contenido de calcio, hierro, aluminio, titanio y magnesio con respecto a la sílice, y una correlación positiva para el potasio. En el diagrama TAS, adaptado para rocas plutónicas con la línea de discriminación de Irvine y Baragar (1971), estos plutones muestran una distribución regular desde gabros, gabrodioritas, dioritas, monzonitas, cuarzo-monzonitas y granitos, todos ellos dentro del dominio de las rocas subalcalinas. En el diagrama de  $(\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2)_\text{N}$  se observa un rápido enriquecimiento en potasio en función de la diferenciación, desde potasio medio hasta potasio muy elevado. Sobre el diagrama AFM estas rocas se sitúan dentro del campo de la serie calcoalcalina.

Las tierras raras muestran espectros muy regulares con una pendiente suave en LREE, un comportamiento casi horizontal en HREE, y una anomalía negativa importante en Eu en los términos félsicos. Estos espectros son relativamente paralelos entre sí, con un enriquecimiento regular desde los términos máficos hacia los félsicos. En los diagramas multiespectrales, usando valores de normalización de Thomson (1982), se observan claras anomalías negativas de Nb-Ta, las cuales, consistentemente con los datos obtenidos para mayores, son típicas de ambientes en subducción.

## PROCESOS HIDROTERMALES Y AUTIGÉNICOS EN PALEO-LAGOS ÁCIDOS DE SISTEMAS MAAR-DIATREMA USANDO UNA SISTEMÁTICA DE ISÓTOPOS ESTABLES ( $\delta^{34}\text{S}$ , $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$ ): CRÁTER EL ELEGANTE, CAMPO VOLCÁNICO EL PINACATE, SONORA MÉXICO.

Cázares-Hernández, Facundo<sup>1\*</sup>, Del Rio-Salas, Rafael<sup>1,2</sup>, Paz-Moreno, Francisco A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Apdo. Postal 847, 83000 Hermosillo, Sonora.

<sup>2</sup> Geosciences Department, University of Arizona, Tucson AZ. \*[facundocazares@gmail.com](mailto:facundocazares@gmail.com)

El volcanismo basáltico-hawaítico Plio-Cuaternario del Campo Volcánico El Pinacate (CVP) alberga cerca de 13 estructuras hidrovulcánicas monogenéticas; el cráter El Elegante (CE; maar *sensu stricto*) es una de estas estructuras, se localiza en la porción centro-este del CVP y la evidencia estratigráfica, petrológica y mineralógica permiten considerarlo como un sistema volcánico-hidrotermal maar-diatrema. La columna eruptiva del CE muestra dos etapas generales de emplazamiento: una primera etapa que construye los depósitos del anillo de proyecciones del exterior del cráter y una segunda etapa de menor intensidad restringida al interior del cráter. Interestratificada con los depósitos piroclásticos del interior, yace una secuencia sedimentaria de ambiente lacustre compuesta por intercalaciones no rítmicas de sedimentos conglomeráticos de abundantes estructuras primarias de depositación, y sedimentos laminares arcilloso-carbonatados que contienen abundantes organismos fósiles (ostrácodos y diatomeas) y yeso con hábito variable (vetillas, rosetas y estratiforme). Esta secuencia lacustre y los depósitos piroclásticos subyacentes están afectados por zonas de alteración argílica moderada a pervasiva (+ carbonatos de Ca-Fe-Mg), cuya distribución tiene un evidente control estructural posiblemente relacionado a la arquitectura del cráter a profundidad. En estas zonas ocurren también grietas y tubos de desgasificación posiblemente fumarólica (+ carbonatos de Ca-Mg), así como abundante travertino en vetillas y de hábito botroidal.

La evidencia estratigráfica y mineralógica ayudan a inferir la coexistencia de ambientes lacustres e hidrotermales posiblemente alimentado por sistema térmico magmático-monogenético del CE. Con el propósito de poner en evidencia esta contemporaneidad se aplicó una sistemática de isótopos estables ( $\delta^{34}\text{S}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^{13}\text{C}$ ) en yesos y ostrácodos de la secuencia lacustre y en los carbonatos presentes en las zonas de alteración. Los valores de  $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$  en yesos muestran un rango continuo que va de -5.80 ‰ a +2.90 ‰, valores que poseen una distribución estratigráfica coherente donde los resultados más negativos ocurren en la base de la secuencia, volviéndose gradualmente más positivos hacia la cima. Similarmente, los valores de  $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$  y  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  obtenidos en las valvas de los ostrácodos, muestran valores que evolucionan con un control estratigráfico: los valores más negativos de  $\delta^{13}\text{C}$  se ubican en la base de la secuencia (-4.28 ‰) y tienden a hacerse ligeramente positivos (+1.02 ‰) hacia la cima, mientras que los resultados de  $\delta^{18}\text{O}$  poseen el mismo patrón con un rango de valores ubicado entre 28.16 ‰ (base) y 35.58 ‰ (cima).

Por otro lado, las graficas de  $\delta^{18}\text{O}$  *versus*  $\delta^{13}\text{C}$  de los valores obtenidos a partir de los travertinos, las zonas de alteración y los tubos de desgasificación, trazan una línea de valores continuos que ponen en evidencia miembros finales que ilustran una evolución de las firmas isotópicas: los diferentes hábitos de travertino poseen los valores más bajos de  $\delta^{18}\text{O}$  (entre 21.03 ‰ y 23.35 ‰) y de  $\delta^{13}\text{C}$  (entre -8.94 ‰ y -2.79 ‰), formando por si solos un *trend* bien definido, mientras que los tubos de desgasificación poseen los valores más elevados ( $\delta^{18}\text{O}$  entre 29.04 ‰ y 31.36 ‰, y  $\delta^{13}\text{C}$  entre -2.11 ‰ y +0.19 ‰) que generan patrones similares a los obtenidos en los ostrácodos. La comparación de los resultados obtenidos con las firmas isotópicas de distintas fuentes potenciales, muestra que la evolución estratigráfica de los valores isotópicos de los yesos y ostrácodos puede estar directamente relacionada a los procesos de exsolución, coalescencia y desgasificación del reservorio magmático próximo, involucrando un fraccionamiento isotópico natural asociado a la especiación de las diferentes fases gaseosas aportadas a la cuenca a través

de los conductos fumarólicos, ocurrido durante una etapa de calma magmática antes del final del ciclo monogenético. Este proceso puede confirmarse con los datos obtenidos de las zonas de alteración (travertinos y tubos de desgasificación), donde la presencia de miembros finales que migran hacia firmas cercanas a fuentes enteramente magmáticas muestran una evolución análoga a los productos autigénicos de la secuencia lacustre (yesos y ostrácodos).

### **NUEVOS RESULTADOS DE FECHAMIENTOS DE ZIRCONES DETRÍTICOS DE LAS FORMACIONES CRETÁICAS DE LA REGIÓN COSTERA ENTRE COLIMA Y PLAYA AZUL SUS IMPLICACIONES EN LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL OCCIDENTE DE MÉXICO.**

Elena Centeno-García\*, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad # 3000, Ciudad Universitaria, México D. F., 04510, Mexico, [centeno@servidor.unam.mx](mailto:centeno@servidor.unam.mx); Cathy Busby, Department of Geological Sciences, University of California, Santa Barbara, CA 93106-9630, Santa Barbara, CA 93106; Michel Busby, Department of Geological Sciences, University of California, Santa Barbara, CA 93106.

Existen dos modelos para explicar el crecimiento de las masas continentales en sus márgenes activos. Uno explica el crecimiento a partir de la acreción de arcos de islas que se originan en el interior de los océanos y que colisionan contra el continente a partir de la subducción de cuencas oceánicas por una subducción con vergencia hacia el océano. Otro mecanismo, que implica un menor porcentaje de adición de material al continente, es a partir de procesos extensionales en arcos desarrollados en la margen continental, que pueden o no generar suficiente corteza oceánica en el tras arco, para separarlos del continente y posteriormente ser acrecionados. En el caso de la margen occidental de México es ideal para probar cual de estos dos mecanismos dio origen al Terreno Guerrero. La información que hemos obtenido del trabajo cartográfico regional y de fechamientos de zircones detríticos sugiere que el segundo proceso, esto es la separación de materiales ya acrecionados al continente, explica la procedencia y estratigrafía compleja que observamos actualmente.

En los zircones detríticos observamos poblaciones del Paleozoico y Proterozoico (picos a 240, 608 y 1, 100 Ma) que corresponden a material reciclado de la margen continental. Las poblaciones mesozoicas son: 1) del Jurásico Medio-Tardío (alrededor de los 160 Ma), 2) del Cretácico Temprano (123 a 130 Ma), 3) del Albiano (109 y 105 Ma), 4) del Cenomaniano (97.1 Ma) y 5) del Santoniano-Maestrichtiano (70-84 Ma). De estas edades solo las Albianas, Cenomanianas y del Santoniano-Maestrichtiano corresponden con edades biocronológicas de las rocas, lo cual indica que las otras edades corresponden a zircones reciclados. De estas edades interpretamos que la región costera del Terreno Compuesto Guerrero se encontraba cercana a la margen continental durante el Mesozoico temprano y que se alejó de la margen continental a partir del Cretácico medio, ya que no existe volcanismo del Albiano-Cenomaniano en las porciones del terreno hacia el continente.

### **LA COMBINACIÓN DE LOS MÉTODOS U-PB Y LU-HF EN ZIRCONES DETRÍTICOS PARA ESTUDIOS DE PROVENIENCIA: EJEMPLOS DEL PALEOZOICO DE BELICE.**

Bodo Weber<sup>1</sup>, Erik Scherer<sup>2</sup>, Klaus Mezger<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geología, CICESE, 22860 Ensenada B.C., México

<sup>2</sup>Institut für Mineralogie, Westfälische Wilhelms-Universität, 48149 Münster, Alemania

Recientes avances en métodos analíticos, especialmente el uso de ICPMS con ablación láser, han dado un auge sin precedente al uso del mineral zircón en la geocronología por el método U-Pb,

especialmente en zircones detríticos, con el fin de determinar la edad de las fuentes magmáticas que aportan material a las rocas sedimentarias. Sin embargo, las rocas pueden haberse cristalizado al mismo tiempo, pero en diferentes dominios corticales, que se separaron del manto a diferentes tiempos. Estas diferencias se reflejan en las composiciones isotópicas de elementos como Sr, Nd, Hf y Pb etc. Dado que una roca sedimentaria está compuesta por material de distintas fuentes, un análisis isotópico de la roca sedimentaria entera aporta solamente información acerca de la composición isotópica promedio de todos los componentes detríticos (p. ej. edades modelo  $T_{DM}$  de Nd). Para poder obtener la información directa de las fuentes magmáticas en el material sedimentario, es necesario analizar cristales individuales. El mineral zircón tiene altas concentraciones de Hf (0.5-2%) y, por lo mismo, la razón entre Lu y Hf es muy baja, lo que implica que el crecimiento del  $^{176}\text{Hf}$  por el decaimiento de  $^{176}\text{Lu}$  es mínimo. La razón inicial de  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  provee información acerca de la fuente donde cristalizó el zircón y complementa así la información que se obtiene por el fechamiento con U-Pb.

En este estudio, se tomaron algunos zircones de rocas sedimentarias de las Montañas Maya (Belice), cuyas edades, previamente analizados por LA-MC-ICPMS, han sido principalmente "Grenvilleanas", es decir con máxima probabilidad de edades alrededor de 1000 Ma, más algunos zircones de ~1.2 y de ~1.5-1.8 Ga [1]. La edad mínima de deposición de estas rocas sedimentarias ha sido estimada como silúrico a devónico inferior, ya que la parte superior de la secuencia está intercalada por una toba de edad ~407 Ma [1], similar a la edad de granitos que intrusieron las Montañas Maya [2].

Se aplicó dilución isotópica tanto para Lu y Hf como para U y Pb en zircones individuales de rocas sedimentarias y de granitos de las Montañas Maya y se separaron todos los elementos en columnas en un solo paso [3], método que ya está disponible en el Laboratorio Ultralimpio de Geología Isotópica de CICESE. Las razones isótopos de Lu y Hf fueron obtenidas por MC-ICPMS en solución y las de U y Pb por TIMS. De los 29 granos individuales analizados 18 arrojan edades aparentes  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  entre 903 y 1018 Ma (todos, excepto 3, tienen <3% de discordancia). Los valores  $\epsilon_{\text{Hf}(t)}$  de estos zircones varían entre -3.8 a +1.9; resalta que los zircones más jóvenes tienen el  $\epsilon_{\text{Hf}(t)}$  más bajo y, consecuentemente, edades modelo  $T_{DM(\text{Hf})}$  más antiguas (hasta 2.0 Ga). Los demás 11 zircones tienen edades  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  más antiguas (1130-1584 Ma, +1 grano con 1966 Ma) y generalmente son discordantes; sus valores  $\epsilon_{\text{Hf}(t)}$  varían entre -4.2 hasta +6.2, indicando diferentes fuentes con edades modelo  $T_{DM(\text{Hf})}$  de entre 1.7 y 2.6 Ga.

Si se comparan estos resultados con zircones de diferentes exposiciones de rocas Grenvilleanas en México (Oaxaquia) [4] se observa, que la mayoría de los zircones en las rocas sedimentarias de las Montañas Maya provienen de fuentes isotópicamente más evolucionadas, comparados con las rocas típicas de Oaxaquia. Los resultados tienen implicaciones para la interpretación paleogeográfica y en conclusión, la combinación de fechamientos por U-Pb con análisis isotópicos de Hf en zircones, permite de mejor manera definir fuentes de zircones detríticos.

#### Referencias:

- [1] Martens, U., Weber, B., Valencia, V. (2009): Geol. Soc. Am. Bull., en prensa
- [2] Steiner, M.B., and Walker, J.D. (1996): J. Geofis. Res., V. 101, p. 17727-17735.
- [3] Nebel-Jakobsen, Y., Scherer, E., Müncker, C., Mezger, K. (2005): Chemical Geology V. 220, p.105-120.
- [4] Weber, B., Scherer, E., Mezger, K. (2008): Actas INAGEQ, V. 18, p. 23.

**Water/Rock Interaction -13, Guanajuato, Mexico, Agosto 2010**

Thomas Kretzschmar<sup>1</sup>, Maria Aurora Armienta<sup>2</sup>, Peter Birkle<sup>3</sup>, Carles Canet<sup>2</sup>, Anne Hansen<sup>4</sup>, Gilberto Carreño<sup>5</sup>, Joel Carrillo<sup>2</sup>, Ulises Lopez<sup>6</sup>, Jürgen Mahlknecht<sup>7</sup>, Juan Carlos Mora<sup>2</sup>, Yan Renee Ramos<sup>5</sup>, Miguel Angel Moreles<sup>8</sup>, Igancio Torres Alvarado<sup>9</sup>, Bodo Weber<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CICESE, <sup>2</sup> UNAM, <sup>3</sup> IIE, <sup>4</sup> IMTA, <sup>5</sup> U de Guanajuato, <sup>6</sup> CETYS, <sup>7</sup> ITESM, <sup>8</sup> CIMAT, <sup>9</sup> CIE-UNAM

The idea for a Working Group on Water-Rock Interaction (WRI) within the International Association of Geochemistry and Cosmochemistry (IAGC) originated with the late Prof. Mikhail G. Valyashko, who held the Chair of Geochemistry at Lomonsov State University, Moscow (USSR). During the International Symposium on Hydrogeochemistry and Biogeochemistry (Sept. 1970), he organized a small group of interested geochemists and proposed setting up six working groups, including WRI to "study water-rock interaction under various temperature and pressure conditions, compile key programs, develop methods, and determine transportation forms of components." The late Donald E. White (USA) was appointed the first Chairman of the Working Group on WRI. He initiated a worldwide mailing campaign that resulted in the creation of nine Interest Groups that served WRI well for more than a decade. During the 24th IGC (Montreal, Canada), Drs. White and Hitchon convened an informal meeting of WRI in 1972, and 16 people met to discuss the future of WRI. There was no agenda, and this informality has been characteristic of WRI ever since. Discussions were held on the future directions of WRI, and on the desirability of a publication and the need for specialized meetings on hydrogeochemistry. Josef Cadek (Czech Republic) presented a proposal suggested by Tomas Paces to hold an international symposium on WRI in Prague. WRI-1 would set the focus needed for the next three decades by launching a series of triennial WRI Symposia, which became the main function of this Working Group.

The WRI Symposia are generally held in different countries and are co-sponsored by various national earth-science associations, universities, academies of sciences, private and governmental agencies, as well as the IAGC, the parent organization that is affiliated with the International Union of Geological Sciences (IUGS). The symposia are organized by National WRI Organizing Committees, headed by the Secretary General, who is nominated by the Working Group, but selected by the vote of all the members present at the general business meeting of WRI. During the General Business Meeting of WRI-12, the attendees voted to select Dr. Halldor Armannsson (Iceland) the new Chairman of the Working Group on Water-Rock Interaction. They also selected Prof. Thomas Kretzschmar (CICESE, Ensenada, Mexico) the Secretary General for WRI-13. Thomas and his insipient WRI-13 Organizing Committee have decided to hold WRI-13 in the city of Guanajuato, Mexico from August 16-20 2010.

**CARACTERIZACIÓN ISOTÓPICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y SU RELACIÓN CON LA INTRUSIÓN SALINA EN LOS ACUÍFEROS DEL VALLE DE GUAYMAS Y BOCA ABIERTA, SONORA, MÉXICO.**

Zúñiga A. Karen L.,<sup>1</sup> Encinas Y. David H.,<sup>1</sup> Canales E. Armando G.,<sup>1</sup> Eastoe Christopher J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Ciencias en Recursos Naturales, Instituto Tecnológico de Sonora y <sup>2</sup>Universidad de Arizona  
[kzuniga@email.arizona.edu](mailto:kzuniga@email.arizona.edu)

El agua subterránea en México constituye una de las fuentes más importantes para el suministro de agua potable, principalmente en zonas costeras y semiáridas como lo es el caso del Valle de Guaymas localizado al Noroeste de México en el Estado de Sonora, en donde el agua subterránea representa la principal fuente de abastecimiento. El bombeo excesivo utilizado para fines agrícolas

empezó en 1950, causando una inversión en el gradiente hidráulico natural; Los niveles del agua constantemente decrecientes cerca de la costa han permitido que el agua de mar penetre en gran parte del acuífero. Muchos pozos de agua han sido cerrados y zonas agrícolas adyacentes tuvieron que ser abandonadas ya que a medida que el agua de mar avanza sobre el acuífero, la calidad del agua subterránea se ve deteriorada causando un impacto negativo en su uso para las actividades municipales, industriales y agrícolas. Un elemento importante en la evaluación del riesgo de la intrusión salina es el monitoreo de la calidad del agua. El uso de isótopos ambientales en investigaciones hidrológicas se ha incrementado en las últimas décadas debido a su gran utilidad como trazadores. En este estudio se caracterizaron las condiciones hidrogeológicas del agua subterránea de los acuíferos del Valle de Guaymas y Boca Abierta mediante el uso de isótopos de  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{D}$  y  $^{34}\text{S}$ , también se tomaron en cuenta las conductividades eléctricas de las muestras y algunas relaciones importantes de iones que son útiles para la determinación de la interfase salina como lo son las relaciones entre  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{Mg}$  y  $\text{Ca}$ .

Los resultados indican que ésta es un área enriquecida en isótopos de Hidrógeno y Oxígeno ( $^2\text{D}$ ,  $^{18}\text{O}$ ), ubicando a la mayoría de las muestras en la línea de evaporación con respecto a la línea de agua meteórica global (GMWL), esto demuestra que la recarga del acuífero presenta un alto índice de evaporación y está siguiendo una tendencia al valor isotópico del agua de mar, así como los valores de isótopos de Azufre ( $^{34}\text{S}$ ) los cuales revelan una clara evidencia de que el acuífero del valle de Guaymas en la región suroeste está afectado por agua de mar y la zona de Boca Abierta, en su parte más cercana a la franja costera presenta indicios de posible intrusión salina. Aún cuando la Geofísica y estudios hidrogeoquímicos previos ya daban cuenta de la intrusión, estas técnicas permiten una identificación puntual más clara y actualizada.

## **LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DE SANTIAGO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO. - ESTUDIO HIDROGEOQUÍMICO E ANALISIS ESTADISTICO**

Jobst Wurl, Pablo Hernández Morales y Miguel A. Imaz Lamadrid

*Universidad Autónoma de Baja California Sur, carretera al sur Km 5.5, 23080 La Paz, BCS, México, [jwurl@uabcs.mx](mailto:jwurl@uabcs.mx)*

### **Introducción**

En Baja California Sur, el estado más árido del país, no existen corrientes superficiales importantes permanentes a excepción de arroyos intermitentes en temporadas de lluvia. Debido a estas condiciones, la principal fuente de abastecimiento de agua para consumo humano es el agua subterránea y es también la base para el desarrollo agropecuario y turístico urbano del estado. Pero el estado de BCS genera solo una poca cantidad de agua subterránea que en promedio equivale a una recarga de 5.7 mm por año. De un total de 39 acuíferos, según definición de la CONAGUA, 15 se encuentran sobreexplotadas y solo 9 acuíferos tienen una disponibilidad adicional de extracción. Uno de ellos, la cuenca hidrogeológica de Santiago tiene una recarga anual de 24.5 mm, lo que representa la mayor recarga en todo el estado y además esta cuenca tiene todavía una disponibilidad anual de 4.6  $\text{Mm}^3$  agua subterránea según CONAGUA (2006). La cuenca de Santiago forma parte del municipio de Los Cabos, lo cual se ha convertido, durante la última década, en la región de mayor tasa de crecimiento urbano en BCS, especialmente debido al desarrollo de actividades turísticas. De acuerdo a los escenarios de consumo futuro, el consumo de agua rebasara la recarga disponible (recarga total media anual - descarga natural comprometida) del acuífero entre 2010 y 2015. Debido a estas características existe una gran necesidad de un manejo sustentable de la cuenca respecto a la cantidad y calidad del agua subterránea. El presente trabajo muestra los resultados obtenidos del

análisis hidroquímico de muestras del agua subterránea en la cuenca de Santiago que permiten determinar efectos negativos debido a su explotación o efectos por contaminación.

Los objetivos del trabajo fueron: La realización de un análisis hidroquímico representativo para la tipificación hidroquímica de la cuenca hidrogeológica de Santiago y manifestar la posible existencia de contaminación geogénica y/o antropogénica que afecte el acuífero.

### Caracterización de la zona de estudio

La cuenca hidrográfica de Santiago tiene un área de 1004.4 Km<sup>2</sup>, está ubicada en la región sureste de B.C.S y se caracteriza por poseer un clima árido-cálido, con temperatura media anual entre 18° C y 22° C, con lluvias en verano. La cuenca presenta una precipitación media anual del orden de los 300mm. La evapotranspiración potencial alcanza valores entre 0.6m en la Sierra La Laguna y 2.0m cerca del mar. La cuenca de Santiago está constituida principalmente por rocas de tipo ígneo y sedimentario, de edad del Mesozoico al reciente en la siguiente distribución (Tabla 1).

El sistema acuífero posee un medio fracturado y uno poroso, siendo la mayor importancia al último, debido a su alta conductividad hidráulica, que favorece una infiltración. La mayor cantidad de recarga proviene de la acumulación de escurrimientos de la Sierra La Laguna, la principal zona de infiltración es el Aluvión. En la cuenca de Santiago el uso del agua superficial representa solo 6.5% de la extracción de agua total (0.92 Mm<sup>3</sup> en el año 2004); en su gran mayoría (96%) es de uso agrícola. El agua subterránea con un total de 13.37 Mm<sup>3</sup> en el año 2004 en su mayoría (56%) es de uso agrícola, en segundo lugar (35%) para servicios múltiples.

Tabla 1: Distribución de rocas en la cuenca de Santiago según mapa geológico del Servicio Geológico Mexicano F12 3-3-5-6-San José del Cabo

Unidad	Área por ciento	Área Km <sup>2</sup>
Areniscas - Conglomerado	0.4	3.8
Basaltos	0.6	6.4
Metamórfico	0.6	6.5
Areniscas	1.2	12.3
Volcanoclasticos	2.2	21.9
Granito	3.6	36.0
Aluvión	9.4	94.5
Lutitas – Areniscas	13.6	136.3
Granodiorita – Tonalita	31.9	319.9

### Metodología y resultados

#### Tipos de agua según los cationes y aniones principales

Para el Acuífero de Santiago, la CONAGUA cuenta 166 aprovechamientos de agua, de los cuales se eligieron 47 pozos, norias y manantiales para el muestreo. Posterior al muestreo (desde octubre del 2004 hasta junio del 2005) se analizaron los aniones en la Universidad Autónoma de Baja California

Sur (UABCS); los cationes (As, Ni, Al, Sr, Ca, Ba, Si, Mn, Fe, Cr, Mg, Na, Zn, Cu y K fueron analizados en los laboratorios del CICESE en Ensenada B.C. mediante ICP-OES. En promedio el desbalance entre cationes y aniones se calcula con  $-1.62\%$ . En dos análisis se calculó el desbalance poco mayor a  $5\%$ , con un valor máximo de  $5.45\%$ . Los análisis se consideraron confiables para la interpretación. Por medio de la separación de las familias de aguas, respecto a los cationes y aniones principales, se obtuvo los siguientes 8 tipos de agua (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de los análisis físicos y químicos de las 47 muestras de agua subterránea tomadas en Santiago.

CATIONES	ANIONES	Numero
Ca	HCO <sub>3</sub>	20
Ca	Cl	8
Ca	SO <sub>4</sub>	6
Na	Cl	6
Na	HCO <sub>3</sub>	3
Na	SO <sub>4</sub>	1
Mg	Cl	1
Mg	HCO <sub>3</sub>	2

El tipo de agua dominante es de calcio bicarbonato ( $43\%$ ). Los tipos de calcio cloruro ( $17\%$ ) y de sodio cloruro ( $13\%$ ) se relaciona con posible intrusión de agua salada en una zonas cerca de la costa, al norte de la cuenca hidrográfica de Santiago (cerca del poblado Buenavista).

#### Calidad del agua para uso humano

La Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 indica los rangos de valores permisibles para la calidad de agua. Se identificaron las muestras que contenían elementos fuera del rango límite establecido, lo que dio como resultado: - De las 47 muestras analizadas 10 resultaron con elementos con contenidos no aceptables de acuerdo a la norma (Tabla 2). - En nueve de estas muestras solo un elemento fue detectado con valores por arriba del límite establecido y en una muestra (P4) compartieron más de dos elementos (Cl y Cr) fuera de la norma. - Para dos muestras (P14 y P4) se encontró elevadas concentraciones de cloruro (límite =  $250\text{ mg/l}$ ) (Tabla 3).

Tabla 3. Muestras con valores por encima de la NOM-127-SSA1-1994 (expresados en  $\text{mg/l}$  con excepción del pH). Al lado derecha, en las celdas con la leyenda NOM se expresa el valor máximo permisible correspondiente.

ID	Localidad	pH	NOM	C	NOM	NO <sub>3</sub> (umol/l)	NOM	NO <sub>2</sub> (umol/l)	NOM	Mn	NOM	Ca	NOM	TDS	NOM
2	Arroyo Santiago	7.22	nn	20	nn	1.19	0.5	0.00	nn		nn		nn	577.85	nn
3	Agua de la Laguna	7.2	nn	24	nn	0.66	0.5	0.00	nn		nn		nn	467.99	nn
17	Pozo No 20	8.65	<8.5	135	nn	0.10	nn	0.00	nn		nn		nn	335.63	nn
22	M4 Agua Ca. Este	8.7	<8.5	24	nn	0.00	nn	0.00	nn		nn		nn	164.44	nn
P4	4	7.57	nn	500	250	0.03	nn	0.02	nn	0.02	nn	0.13	0.05	1182.76	1000
P5	5	8.06	nn	275	nn	0.08	nn	0.05	0.05	0.00	nn	0.00	nn	761.38	nn
P6	6	7.42	nn	93	nn	0.03	nn	0.12	0.05	0.00	nn	0.00	nn	388.50	nn
P11	11	7.92	nn	95	nn	0.01	nn	0.01	nn	0.25	0.15	0.00	nn	501.13	nn
P12	San Vicente	7.4	nn	124	nn	0.00	nn	0.00	nn	0.24	0.15	0.00	nn	478.44	nn
P14	14	6.98	nn	435	250	0.05	nn	0.01	nn	0.00	nn	0.00	nn	1137.62	1000

### Análisis estadístico multivariado

El método estadístico multivariado, análisis de cluster en los modos Q y R, fue utilizado para definir tipos de agua subterránea en la cuenca hidrológica de Santiago. El análisis cluster permite utilizar teóricamente todas las variables hidroquímicas disponibles en la evaluación de tipos de agua, mientras en las técnicas convencionales solo se toma en cuenta algunos parámetros principales (por ejemplo en los diagramas de Stiff y de Piper, entre otros). Después de la pre evaluación en los análisis se incluyó los siguientes 13 de los 32 parámetros fisicoquímicos analizados: conductividad eléctrica, pH, sulfato, cloruro, bicarbonato, nitrato, calcio, magnesio, sodio, potasio, bario, estroncio, sílice. El cálculo fue realizado con el programa SPSS para Windows 13.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EEUU). El análisis en ambos modos (Q y R) se utilizó con la técnica de Cluster jerárquica con el método de unión de Ward, en función de la distancia euclidiana. Anteriormente los datos fueron procesados en la siguiente manera: En su forma original quedaron los parámetros pH, Ca, HCO<sub>3</sub> y Si porque se ajustaron a distribuciones normales. Para los demás parámetros fue necesario transformarlos a lognormales (cálculo del logaritmo natural). Además todos los datos fueron estandarizados en rangos entre -1 y 1. La estandarización permite que cada parámetro contribuya igualmente a la varianza total.

### Resultados según el análisis en modo Q

Según el dendrograma obtenido por el análisis de cluster en modo Q, se distingue entre seis grupos de aguas (Figuras 1). El primer grupo está formado por pozos principalmente en la zona de Lutitas – Areniscas. El segundo cluster representa la zona del Aluvión y de la Sierra La Laguna así mismo aguas del tipo 3. Este último tipo tiene una mineralización levemente elevada. Solo 2 muestras representan el cluster 4, ubicadas casi en el límite de la cuenca en el sur. En el cluster 5 solo se unen tres muestras, ubicadas en el norte de la cuenca, cerca de la costa, donde existe un con mayor nivel de sodio y cloruro. Las Muestras de pozos que se unen en el cluster 6 están ubicadas en la parte este de la cuenca en la Sierra La Trinidad.

### **Conclusiones**

El agua del acuífero de Santiago en la mayoría de los sitios muestreados posee buenas condiciones para su explotación y es factible de utilizarse para consumo humano, agricultura y ganadería, recomendándose un programa de observación para evitar posibles contaminaciones o extracciones que redunden en un balance negativo de la cuenca. Especialmente en la Sierra la Trinidad se observó en varios pozos una mineralización elevada (mayor a 1000 mg/l STD) y problemas con respecto a los elementos nitrógeno (en su especies amonio y nitrito), manganeso, cloruro y cromo.

Mediante el análisis de cluster resulto una separación en seis grupos de aguas que también representan distintos zonas de la cuenca.

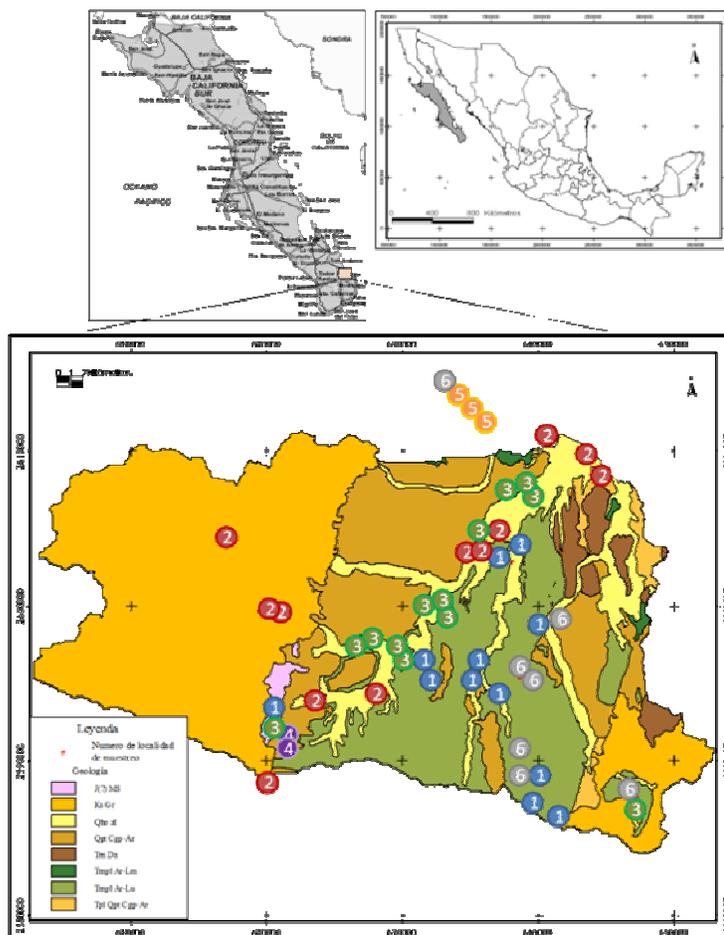


Figura 1 : Mapa geológico de la cuenca de Santiago según SGM, marcada con la posición de las muestras de agua y el número del cluster correspondiente.

## HIDRODINÁMICA Y RIESGO AL CONSUMO HUMANO DEL MANGANESO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA LLANURA COSTERA DE LA CUENCA DEL RÍO SINALOA

Norzagaray Campos M.<sup>1\*</sup>, Troyo Diegéz E<sup>2</sup>., Llanes Cárdenas O<sup>12</sup>. y Muñoz Sevilla P<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> CIIDIR Sinaloa, Carretera a Las Glorias, km. 1, Apdo. postal 280, Guasave, Sin., Méx. 81100. Correo electr.: mnorzaga@ipn.mx. Ph+52 (687) 2 96 26 y 25 (fax 2 96 25) ext.874645

<sup>3</sup>CIBNOR-La Paz Calle Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo de Sta. Rita, La Paz, B.C.S. 23090 Tel:(01-612)-12-384-84 Fax:(01-612)-12-385-25 Correo electr.: etroyo04@cibnor.mx

<sup>2</sup>CIEMAD. Calle 30 de Junio de 1520, Barrio la Laguna Ticomán C.P. 07340. Del. Gustavo A. Madero México. D.F. Correo electr.: pat\_sevilla@yahoo.com.mx Ph: + 52 (55) 5729 6000 Fax + 52 (55) 5729.6000, Ext. 52735 y 52711 :

\* Becario cofaa del IPN

El presente trabajo tiene tres objetivos, el primero la elaboración de un plano de curvas isopiezas que permita interpretar el comportamiento hidrodinámico de la Cuenca del Río Sinaloa. El segundo establecer una relación entre la hidrodinámica y los niveles concentración del Manganeso, el cual en

los humanos vital para la supervivencia y tóxico en altos niveles. El tercero, dado que algunos de los habitantes de la zona rural y urbana consumen aguas subterráneas sin ningún tratamiento, se centra en hacer un mapa de la región que muestre el riesgo de aguas con altos niveles de Manganeseo. Para caracterizar la hidrodinámica, se seleccionaron al azar 40 pozos en los que se midió la profundidad del nivel freático, la cota de la superficie del terreno, la carga hidráulica y la superficie piezométrica. En cada pozo se tomó una muestra de agua, y en laboratorio con las técnicas de espectrometría se determinó la concentración del Manganeseo e Hierro, éste último para validar la presencia del Mn en las aguas naturales. La piezometría da a conocer una fuente de agua regional y otra local, que durante años han protegido a la Cuenca de la intrusión salina, sin embargo dentro del rango entre .01 y 1.2 mg/l existen fuentes de alta concentración del Manganeseo trasladándose junto con estos dos flujos a velocidades promedios receptivamente de  $4.2 \times 10^{-3}$  m/hr y  $1.6 \times 10^{-3}$  m/hr. En el análisis del agua como bebida el 22 (55 %) de las muestras rebasó el estándar de calidad de agua potable embotellada que establece la EPA para el comercio y 12 (30 %) rebasaron el estándar de la NOM-127-SSA1-1994 para uso y consumo humano de aguas en general. El riesgo en 2 muestras (5 %) fue muy alto, en 4 (10 %) alto, en 3 (7.5%) semi-alto, en 9 (22.5 %) intermedio alto, en 2 (5 %) intermedio y 16 (40%) de riesgo nulo. Esta información servirá en modelos numéricos de flujo y transporte útiles en la preservación de la salud humana y manejo de uno de los acuíferos más importantes de México.

## **DESARROLLO HIDROGEOQUÍMICO DE UN ACUÍFERO SOBREEXPLOTADO EN EL VALLE DE GUADALUPE, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO**

Thomas Kretzschmar

*Departamento de Geología, CICESE, Km 107 Carretera Tijuana-Ensenada BC, 22860, México,*

En la península de Baja California existen varios valles, de los cuales las condiciones hidrogeológicas son de gran importancia para las comunidades de la región. El Valle de Guadalupe por ejemplo, ubicado a 30 km al noreste del Puerto de Ensenada, cuenta con una industria vitivinícola de importancia nacional, la cual presenta un factor de mayor importancia para los sectores de agricultura y turismo del estado de Baja California. El riego de los cultivos se realiza en su gran mayoría con agua subterránea del acuífero formado por sedimentos cuaternarios. Fuentes alternativas para el riego en el Valle de Guadalupe son escasas. Aparte del intenso uso del recurso hídrico por la industria viñera, el organismo operador de agua del Municipio de Ensenada (CESPE) mantiene desde 1985 pozos para abastecer a Ensenada con agua potable.

En el árido norte de México la recarga de "frente montañoso" es una fuente importante de recarga para los acuíferos de tipo cuenca aluvial. Otras fuentes importantes de recarga directamente relacionadas con la precipitación son la infiltración directa, la recarga por escurrimiento en arroyos y la aportación por fallas activas. Las fuentes principales de recarga al acuífero del Valle de Guadalupe son la Sierra Juárez y el Río Guadalupe.

Análisis hidroquímicos se llevaron a cabo para más de 80 pozos y norias analizando un total de 35 parámetros (aniones y cationes mayores y menores, elementos trazas e isotopos estables). El conocimiento del acuífero es crucial para poder mantener un manejo sustentable del recurso hídrico en el Valle de Guadalupe y el intenso uso del recurso hídrico se refleja en una degradación de la calidad de agua del acuífero y una disminución del nivel freático. Al respecto con la salinidad en el acuífero muestran se presenta en unas zonas un deterioro mayor reflejándose en un aumento en sulfatos, sodio y cloruros, sin embargo, el deterioro se refleja también en distintos elementos trazas.

Las zonas con poca afectación en su composición química están ubicadas el área de influencia de recarga por el Río Guadalupe.

### **CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA AMBIENTAL DEL ACUÍFERO DEL RÍO SANTA CRUZ, SONORA, MÉXICO. UNA RELACIÓN BINACIONAL DE EQUILIBRIO**

Hernández Karla.<sup>1</sup>, Rangel-Miguel.<sup>1</sup>, De la O Margarita.<sup>1</sup>, Gómez Agustin.<sup>2</sup>

*[karla.hernandeztor@correoa.uson.mx](mailto:karla.hernandeztor@correoa.uson.mx)*

<sup>1</sup> *Maestría en Ciencias-Geología Departamento de Geología, Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora., C.P. 83000*

<sup>2</sup> *Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia. Universidad de Sonora.*

La Cuenca del Río Santa Cruz se encuentra en la porción centro-norte del Estado de Sonora, México, entre las coordenadas 31° 08' y 31° 20' de Latitud Norte y 110° 30' y 111° 00' de Longitud Oeste. Abarca una superficie de 1,160 Km<sup>2</sup>, de los Municipios de Santa Cruz y Nogales, Sonora, correspondiendo un 64% del área total de la cuenca al Estado de Sonora. Este río nace en el Valle de San Rafael, en Arizona, recibiendo agua de la montaña de Patagonia hacia el Oeste, Canelo Hills al Norte y montaña de Huachuca al Este a una altitud de 1600 msnm. Fluye hacia el Sur, haciendo un recorrido de aproximadamente 60 km en el estado de Sonora, México, para después regresar a territorio estadounidense al este de Nogales. El río es de régimen intermitente hasta límites del condado Santa Cruz, fluyendo hacia el norte de Tucson, Arizona, hasta juntarse con el Río Gila al suroeste de Phoenix, Arizona.

El Río Santa Cruz fluye hacia el sur para entrar al Estado de Sonora, México y formar una "U" para regresar nuevamente a los Estados Unidos de América por la porción Este de la ciudad de Nogales, Sonora. La importancia de ésta área es debido a que atraviesa dos estados fronterizos captando la atención de muchas organizaciones que se preocupan tanto por la calidad del agua como por mantener una distribución equitativa entre los dos estados a manera que no exista una sobreexplotación. En los años 1997-2000 se realizaron análisis físico-químicos de plaguicidas y microbiológicos a lo largo del Río. Teniendo como resultado de los análisis físico-químicos valores de pH entre 6.6 a 8.02, considerándose óptimos para la mayor parte de los organismos acuáticos. Los niveles de oxígeno disuelto fluctuaron entre 5.8 y 12.2 considerándose normales, siendo lugares receptores de aguas residuales de origen doméstico o industrial. También se obtuvieron valores de sólidos suspendidos totales en el rango de no detectables a 18 mg/L, mientras que los sólidos disueltos totales fluctuaron entre 146 mg/L a 316 mg/L, valores que están por debajo del límite permisible establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-1994. Además de los análisis de cloruros, sulfatos, bicarbonatos, nutrientes y fósforo total realizados, encontrándose todos dentro de los límites permisibles.

En cuanto a los resultados de los metales, no se detectó cadmio, cromo total, cobre, mercurio y plomo, tanto en agua superficial como en la subterránea a excepción de 2 estaciones en Mascareñas. Las concentraciones de zinc estuvieron por debajo de la norma. Se determinaron concentraciones de calcio, potasio, magnesio y sodio, aunque no se encuentra definido un límite de contenido en las Normas Oficiales Mexicanas. No se reportó la presencia de plaguicidas en ninguna de las muestras analizadas. Para el análisis bacteriológico se utilizó la técnica del número más probable (NMP) en conjunto con la metodología de la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-42-1989. Y comparando los resultados de los análisis con los límites permisibles de calidad establecidos por la NOM-127-SSA1-

1994 para coliformes totales y coliformes fecales se observó que algunas muestras sobrepasaron estos límites. Así mismo se obtuvieron resultados que sobrepasaban el límite máximo permisible de coliformes fecales tanto para fuentes de abastecimiento potable como para riego agrícola, establecidos en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua publicados en el Diario Oficial de la Federación.

Actualmente con este trabajo se pretende caracterizar la hidrología ambiental y la línea base química e hidrogeoquímica del principal cauce de la cuenca Santa Cruz. Definiendo principalmente la hidrometría histórica del Río Santa Cruz y obteniendo el balance hidrometeorológico de la cuenca para conocer su potencial de infiltración y pérdidas a la atmosfera. De igual manera que en los trabajos anteriores se seleccionaron sitios de muestreo para analizar la química del agua antes de su infiltración y llevar a cabo una comparación entre los resultados actuales y los obtenidos años atrás. Para así no solamente analizar la hidrogeoquímica a la entrada y salida del sistema hidrológico subterráneo, sino la calidad del agua. Se plantea como hipótesis que se mantiene estable el modelo de funcionamiento hidrológico y que la calidad del agua del escurrimiento del Río Santa Cruz a lo largo de su cauce por el Estado de Sonora y hasta su entrada a los Estados Unidos no ha sido impactado negativamente.

### **ADSORCIÓN Y OXIDACIÓN DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS SOBRE ÓXIDOS DE MANGANESO LAMINARES**

Manuel Carrillo Cárdenas, Mario Villalobos Peñalosa, Richard Gibson, Norma Ruth López Santiago.

*Grupo de Biogeoquímica Ambiental, Laboratorio de Análisis Físicos y Químicos del Ambiente, Instituto de Geografía,  
UNAM, México, 04510, D.F. (52-55) 5622-4336*

Los óxidos de manganeso son minerales ampliamente distribuidos en el ambiente gracias a la diversidad de microorganismos que son capaces de sintetizarlos. Estos minerales se encuentran entre los oxidantes más potentes de la naturaleza, logrando oxidar materia orgánica y ácidos húmicos. Los hidrocarburos derivados del petróleo han representado un riesgo constante para el medio ambiente desde que se extendió el uso de los combustibles fósiles. Particularmente los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son considerados contaminantes prioritarios debido a su persistencia y su relación con el desarrollo de diferentes tipos de cáncer. En este trabajo se llevó a cabo el estudio de la interacción de 4 HAPs de peso molecular bajo (fluoreno, fenantreno, antraceno y fluoranteno) con dos óxidos de manganeso laminares sintéticos ( $\delta$ -MnO<sub>2</sub> y birnesita ácida) análogos a los biogénicos, de dimensiones nanométricas. Se observó que el fenantreno y fluoranteno se adsorben a los óxidos, y que el fluoreno y antraceno además son oxidados por ambos óxidos en diferentes grados. Este proceso resulta ser más rápido en el caso del óxido  $\delta$ -MnO<sub>2</sub>, lo cual se atribuye a su área superficial mayor. En este trabajo se presentarán las condiciones bajo las cuales se realizaron los experimentos, incluyendo las cinéticas de adsorción/transformación, así como algunos aspectos sobre los mecanismos de reacción que ocurren e implicaciones ambientales. Se emplearon principalmente técnicas cromatográficas de detección y medición de los compuestos estudiados, así como de espectroscopías de infrarrojo y de emisión de plasma inductivamente acoplado.

## **PARTICIPACIÓN DEL LABORATORIO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DEL IGLUNAM EN PRUEBAS DE HABILIDAD INTERLABORATORIOS**

R. Lozano-Santa Cruz, P. Girón-García, S. Ángeles-García

*Departamento de Geoquímica, Instituto de Geología,  
Universidad Nacional Autónoma de México Circuito de la Investigación Científica,  
Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, CP 04510 México, D. F.*

Para un laboratorio de análisis geoquímicos es fundamental la participación en rondas de análisis interlaboratorios, ya que de esa forma es posible detectar y corregir desajustes instrumentales y de procedimiento, validar nuevas metodologías, además de evaluar la calidad de los resultados emitidos rutinariamente. Ese tipo de participación es requerida también para poder alcanzar la acreditación ante instituciones nacionales como la Entidad Mexicana de Acreditación y otras. El Laboratorio de Fluorescencia de rayos X del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (LFRX-IGLUNAM), instalado el 19 de setiembre de 1994, inició su participación en rondas de análisis interlaboratorios en 1997, y hasta 2009 ha participado en 33 rondas, de las cuales 29 han sido administradas por instituciones internacionales y el resto por instituciones nacionales, todas de alto prestigio.

De las 29 rondas internacionales en las que se ha participado, 18 de las pruebas han sido organizadas por la Asociación Internacional de Geoanalistas (IAG). Los resultados obtenidos han resultado de lo más útil para nuestro laboratorio, ya que nos ha permitido verificar la calidad de los datos emitidos por medio de la evaluación del desempeño con respecto de otros laboratorios, por lo general entre 70 y 80 participantes. Los reportes generados por la IAG proporcionan los valores con los que contribuyó cada laboratorio, los valores de consenso obtenidos a través de la aplicación de estadística, una calificación de cada resultado denominada z-score, y los gráficos que muestran la distribución de los resultados y el desempeño de todos los laboratorios participantes.

La intención de este trabajo es mostrar los resultados de la participación del LFRX-IGLUNAM, obtenidos en algunas de las rondas GeoPT en que ha participado, y discutir algunos de los problemas detectados a través de las comparaciones, y las soluciones implementadas. Con base en los resultados obtenidos, se han construido gráficos comparando los valores medidos en el LFRX-IGLUNAM Vs. los valores de consenso generados por las instituciones organizadoras. Se discuten los valores obtenidos para los parámetros estadísticos asociados a la calidad de los gráficos para 25 elementos químicos analizados.

## EJERCICIO DE INTERCALIBRACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA Y MAYORES EN MATERIAL DE REFERENCIA CERTIFICADO POR ICP-MS E ICP-OES.

Elizabeth Hernández-Alvarez<sup>1</sup>, Ofelia Morton-Bermea<sup>1</sup>, Janin Guzmán-Morales<sup>2</sup>, María Teresa de J. Rodríguez-Salazar<sup>2,3</sup>, María Elena García<sup>4</sup>, Mercedes Reyes-Sánchez<sup>5</sup>, Margarita Gutierrez-Ruiz<sup>6</sup>, Agueda, Ceniceros-Gómez<sup>6</sup>, Hedgar Hernández<sup>6</sup>, Gerardo Martínez-Jardines<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 México D.F., Mexico.  
email: aeliza@geofisica.unam.mx

<sup>2</sup> Facultad de Química, <sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 México D.F., Mexico

<sup>4</sup>Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí México, Av. Manuel Nava 5, Zona Universitaria C.P. 78240

<sup>5</sup>Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA), INE, SEMARNAT

<sup>6</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 México D.F., Mexico

En este trabajo se presentan los resultados de un ejercicio de intercalibración, cuyo objetivo fue evaluar la calidad de los datos obtenidos por los diferentes laboratorios participantes, a través de diferentes métodos de digestión.

En este ejercicio participan cuatro laboratorios:

1. Laboratorio ICP-MS de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
2. Laboratorio ICP-OES del Instituto de Geografía, UNAM.
3. Laboratorio ICP-MS e ICP-OES del centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental, SEMARNAT-INE.
4. Laboratorio ICP-MS del Instituto de Geofísica, UNAM.

Se analizaron elementos traza (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Sb y Pb) y elementos mayores (Al, Fe y Mn) en dos materiales de referencia certificado del NIST (Tomato leaves – 1573a y Peach leaves-1547). Se evaluaron cuatro técnicas de preparación de muestra, dos en sistema de horno de microondas:

1. Horno de microondas: 10ml de HNO<sub>3</sub>
2. Horno de microondas: 10ml de HNO<sub>3</sub> + 5ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + 3ml HF

Y dos en sistema abierto:

1. Sistema abierto: 10ml de HNO<sub>3</sub>
2. Sistema abierto: 10ml de HNO<sub>3</sub> + 5ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + 3ml HF

Con los resultados obtenidos se evaluó la calidad de los diferentes laboratorios y la eficiencia de las diferentes técnicas de digestión con aplicación potencial a muestras ambientales. Ambos resultados se presentan en términos de precisión y exactitud.

## EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE MATERIALES SEDIMENTARIOS DE REFERENCIA GEOQUÍMICA DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA DE JAPÓN (GSJ)

K. Pandarinath

*Departamento de Sistemas Energéticos, Centro de Investigación en Energía,  
Universidad Nacional Autónoma de México, Priv. Xochicalco s/no.,  
Col Centro, A. P. 34, Temixco 62580, Mexico E/mail: pk@cie.unam.mx*

La disponibilidad de equipos analíticos más sofisticados y el crecimiento explosivo de los métodos analíticos en los últimos años para la caracterización química de materias geológicas han estimulado

obviamente la necesidad de los materiales de referencia (MR) con valores de referencia más precisos y exactos. Hay numerosas MR geoquímica disponible para utilizar en la estimación de precisión, exactitud, sensibilidad y la calibración de técnicas analíticas rutinarias. Algunos del MR disponibles para el uso en laboratorios de geo-analíticas no son estrictamente materiales de referencia certificados (CRMs) porque ellos no han sido preparados la manera recomendado por la Organización Internacional de Estandarización (ISO). Las estimaciones exactas de parámetros de tendencia central y dispersión son necesarias para MR ser utilizado en la calibración de equipos analíticos.

La Sociedad Geológica de Japón (GSJ) ha preparado y distribuido varias materias geológicas para usar como MR geoquímicas. De acuerdo con la información disponible en la literatura, la última compilación y la evaluación de materiales sedimentarios de referencia geoquímica de la GSJ estuvieron con los datos disponibles hasta 1996. También, el enfoque estadística utilizado en los trabajos de la compilación y la evaluación de datos de materiales sedimentarios de GSJ es de inexacto. Recientemente varios laboratorios geoquímicas están utilizando los materiales sedimentarios de referencia geoquímica de la GSJ. En este trabajo, una extensa base de datos químicos para nueve materiales sedimentarios de referencia geoquímica, chert (JCh-1), dolomía (JDo-1), caliza (JLs-1), pizarra (JSI-1 y JSI-2), sedimento de lago (JLk-1) y sedimento de río (JSd-1, JSd-2 y JSd-3), de la GSJ ha sido creado de la dirección del sitio web de Muestras Referencia Geoquímica de la GSJ (<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/geostand/>) y de los artículos de investigación publicados hasta diciembre 2008. Este base de datos es evaluada por un esquema estadístico más apropiado que consiste en: (i) detección y eliminación de los valores discordantes con la aplicación de 33 variantes de pruebas de discordancia (en vez del método inexacto rutinariamente utilizado de "dos-desviaciones estándar"); (ii) cálculo de nuevos parámetros de tendencia central y dispersión; y (iii) comparación de límites de confianza (calculados con nuevos y precisos valores críticos, recientemente disponibles para la t de Student) y porcentajes de diferencia de la media normalizada de los parámetros de los datos actuales con los calculados con los datos de la literatura.

La evaluación de estos MR mediante este método estadísticamente más apropiado resultó en nuevos valores de tendencia central y dispersión más precisos y también permitió proponer por primera vez valores recomendados para algunos parámetros geoquímicas. Los resultados obtenidos en este trabajo podrían ser útiles para mejor evaluación de precisión de método, exactitud, sensibilidad y límites de detección en los análisis rutinarios de sedimentos y rocas sedimentarias.

## DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO ANALÍTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE Pb ISOTÓPICO POR MEDIO DE ICP-MS: APLICACIÓN A MUESTRAS DE SUELOS DE LA CD. DE MÉXICO

Ofelia Morton-Bermea<sup>1</sup>, María Teresa de J. Rodríguez-Salazar<sup>2,3</sup>, Elizabeth Hernández-Alvarez<sup>1</sup>,  
María Elena García<sup>4</sup>, María Teresa Ortuño-Arzate<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 México D.F., Mexico

<sup>2</sup> Facultad de Química, <sup>3</sup> Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 México D.F., Mexico

<sup>4</sup> Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí México, Av. Manuel Nava 5, Zona Universitaria C.P. 78240

<sup>5</sup> Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA), INE, SEMARNAT

<sup>6</sup> Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 México D.F., Mexico

Este trabajo reporta un método para la determinación analítica de Pb isotópico en matrices ambientales y geológicas usando ICP-MS. Se analizaron tres materiales de referencia (AGV-2, SRM 2709 y JSO-1), usando ICP-MS con el objeto de evaluar la calidad del procedimiento analítico. La discriminación de masas para Pb/Pb fue evaluado usando el material de referencia NIST 981 y esta corrección fue aplicada a los materiales de referencia antes mencionados, para obtener la exactitud del método analítico desarrollado. Se aplicó una estandarización interna con Tl para corregir la deriva instrumental.

La composición isotópica obtenida para todos los materiales de referencia es comparable con los valores reportados. Los valores de exactitud de los resultados obtenidos varían en promedio entre 0.002% para  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  y 0.825 % para  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ . Estos resultados indican que el método ICP-QMS es confiable en términos de precisión y exactitud para la determinación de Pb isotópico en matrices de suelos y geológicas. El procedimiento desarrollado se aplicó en la identificación de huellas isotópicas de Pb a suelos urbanos de la Cd. de México. Los resultados muestran para los suelos analizadas una variación en los radios  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ , dado que son suelos alterados contienen Pb natural y Pb antropogénico en diversas proporciones. La comparación de las relaciones encontradas fue comparada con posibles fuentes. La principal fuente antropogénica de Pb puede ser atribuida a Pb a tráfico vehicular. Esto también se demuestra con el análisis de la relación  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  vs contenido de Pb, el cual muestra que, a mayor contenido de Pb, las muestras tienen al valor isotópico de dicha fuente de contaminación.

## QUÍMICA DE SEPARACIÓN DE LUTECIO Y HAFNIO EN ROCAS Y MINERALES: METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL LABORATORIO DE GEOQUÍMICA ISOTÓPICA DE CICESE

Patricio Montecinos, Juliana Estrada-Carmona, Bodo Weber

*Departamento de Geología, Centro de Investigación Científica y de Educación*

*Superior de Ensenada (CICESE), km. 107 carretera Tijuana-Ensenada, 22860 Ensenada, BC, México.*

*bweber@cicese.mx*

El método isotópico Lu-Hf se basa en el decaimiento del  $^{176}\text{Lu}$ , un elemento de las tierras raras pesadas, al  $^{176}\text{Hf}$ , un elemento traza con alto potencial iónico. Las aplicaciones de este sistema isotópico incluyen: el fechamiento de rocas metamórficas con granate, debido a la característica del granate de incluir preferencialmente tierras raras pesadas (como Lu); el fechamiento de otros minerales ricos en tierras raras pesadas tal como fosfatos; y, además permite obtener la composición

inicial de  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  o los valores  $\epsilon_{\text{Hf}(i)}$ , que aportan información valiosa acerca de la fuente magmática, de manera similar a como lo hace la composición isotópica de Nd. En comparación con el sistema isotópico Sm-Nd, el sistema Lu-Hf tiene ciertas ventajas: (1) el decaimiento isotópico del  $^{176}\text{Lu}$  es más rápido y (2) el fraccionamiento químico y la variación de los elementos Lu y Hf es mucho mayor que la de los elementos Sm y Nd en sistemas terrestres tal como el manto y la corteza. Consecuentemente, los fechamientos con Lu-Hf son más precisos y aplicables también a rocas más jóvenes y las variaciones en los valores  $\epsilon_{\text{Hf}(i)}$  generalmente son mayores que los valores  $\epsilon_{\text{Nd}(i)}$ . El mineral circón tiene un papel importante para los valores  $\epsilon_{\text{Hf}(i)}$ , ya que tiene muy altas concentraciones de Hf (0.5-2%). Además es importante resaltar que la contaminación de magmas originados en el manto o del mismo manto con material cortical, con alto contenido de Hf radiogénico, se debe principalmente al aporte de Hf que proviene de los circones.

En este trabajo se revisan los principios físicos de la cromatografía de extracción y su aplicación en la separación de Lu y Hf en rocas y minerales según el método descrito por Münker *et al.* (2001) implementado recientemente en el Laboratorio de Geología Isotópica del CICESE. La cromatografía para análisis isotópicos de Lu y Hf se complica debido a que tanto el Lu como el Yb tienen un isóbaro con el  $^{176}\text{Hf}$  por lo que la separación cuantitativa de los tres elementos es de suma importancia. Además efectos de elementos de la matriz como el Ti y el Zr, requieren pasos adicionales en la separación química. Se presentarán los procedimientos para la desintegración de las muestras y los procesamientos asociados a la separación química de Lu y Hf en columnas de intercambio iónico diseñado de teflón, que utilizan una resina de extracción organofosfórica denominada Ln-spec (o resina LN). Se presentarán también los resultados de la calibración de las columnas y algunas modificaciones a la metodología usada por Münker *et al.* (2001) debido a diferencias en el tamaño de la resina utilizada en el laboratorio del CICESE.

### TRIBUNA DEL AGUA

Ing. César Obregón M. Sanz

*Grupo de Agua Energía y Ambiente, Instituto de Investigaciones Oceanológicas,  
Universidad Autónoma de Baja California, comsuabc@yahoo.com.mx*

Un nuevo título al interesante tema del agua, en sustitución del tan trillado "Cultura del Agua". Su origen y desarrollo ha sido, en la exposición Internacional Zaragoza 2008, vinculado a la Organización de las Naciones Unidas (ONU), para cambiar el paradigma actual de gestión del agua. La TRIBUNA ha sido el acontecimiento internacional más amplio y global sobre Agua y Desarrollo Sostenible. Los nuevos modelos sobre agua pretenden ahora superar la visión meramente antropocéntrica por entender que, mediante una gestión integrada de los recursos hídricos, se protegen al mismo tiempo, la supervivencia del ser humano y la del planeta. Destacamos hoy y ante ustedes, una segunda conferencia del agua, dentro de su Seminario de Posgrado y que conozcan los más sobresalientes considerandos que legaron los promotores de la "Carta de Zaragoza". Aunque son 17 resoluciones y 26 recomendaciones, solo anotaremos y discutiremos lo que tenemos más cercanos y para lo cual, nos referiremos a nuestro entorno, discutiendo como caso-ejemplo el de la Comisión Estatal de Servicios Públicos.

## EVALUACIÓN DE ZEOLITA DOPADA PARA DISMINUIR EL CONTENIDO DE ARSÉNICO EN AGUA DE POZO

Fidel Pérez Moreno<sup>1</sup>, Sandra Quintero Escamilla<sup>1</sup>, José Luis Cadena Zamudio<sup>1</sup>, Kinardo Flores Castro<sup>1</sup>, Catalina A. Ángeles Cruz<sup>1</sup>, Yolanda Marmolejo Santillán<sup>2</sup>

*Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la UAEH. Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales<sup>1</sup> y Área Académica de Química<sup>2</sup>*

### Introducción

Las zeolitas son minerales de aluminosilicatos cristalinos muy porosos que se han formado en las primeras etapas del metamorfismo de las rocas de composición básica, presentan alta capacidad de intercambio catiónico, que está determinada por la relación de Si/Al contenida en su estructura, cuanto menor sea esta relación, mayor será la capacidad de intercambio catiónico de la zeolita. La asociación internacional de zeolitas (IZA) las define como minerales con estructuras de moléculas tetraédricas de SiO<sub>4</sub> y AlO<sub>4</sub> ordenadas de modo que cada átomo de oxígeno está distribuido entre dos tetraedros adyacentes formando cavidades en forma de canales y cajas que comúnmente están ocupadas por moléculas de agua y elementos catiónicos tales como silicio, aluminio, sodio y calcio. La estructura puede estar interrumpida por hidroxilos o aniones (OH<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>) que ocupan los vértices de los tetraedros los cuales no son compartidos con tetraedros adyacentes (Breck, 1974); lo que les confiere una excelente capacidad intercambiadora de cationes como Pb<sup>+2</sup>, Zn<sup>+2</sup>, Cd<sup>+2</sup>, etc. Así como el control de olor y retención de gases desprendidos por componentes orgánicos volátiles, amoníaco y sulfuro de hidrógeno; permitiendo una reducción en costos de mantenimiento y requerimientos de energía (Barrer, 1982)

El As es un metaloide considerado como uno de los 5 elementos más tóxicos (As, Cd, Cr, Hg y Pb); se encuentra distribuido en rocas, agua, suelo, aire, plantas y animales en forma natural; como una sal, es liberado al medio ambiente por catástrofes naturales tal como erupciones volcánicas, pero también es procedente de fuentes antropogénicas por el uso de pesticidas que presentan base de arsénico, aditivos para la aleación de metales, especialmente el plomo y el cobre en sondas, mallas, recubrimientos de cables, calderas, y reactivos conservadores para madera (Galvão y Germán, 1987).

La exposición crónica a través de la ingestión de agua contaminada con arsénico ocasiona lesiones cutáneas características que se manifiestan por pigmentación, hiperqueratosis palmoplantar e hiperqueratosis papular, y algunos estudios indican que el arsénico inorgánico se asocia con cáncer de piel y de órganos internos cuando es ingerido (Byrd, et al., 1996; Bates, et al., 1992; Cebrian, 1994); además de enfermedades neurológicas y cardiovasculares.

En condiciones normales presenta cuatro estados de oxidación (-3, 0, +3, +5), y en medio acuoso comúnmente prevalecen los arseniatos cuyas especies son menos tóxicas que los arsenitos (Galvão y Germán, 1987). El As se encuentra en el agua subterránea y superficial como contaminante. A pH en el rango de 6.5 a 8.5 predominan las especies H<sub>2</sub>AsO<sub>4</sub><sup>-</sup>, HAsO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, H<sub>3</sub>AsO<sub>3</sub> y AsO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (Pérez, 2004).

La contaminación del agua en los mantos acuíferos por arsénico y por algunos metales pesados se debe a los procesos de infiltración de aguas residuales e industriales que tienen deficiente o ningún tipo de tratamiento previo al ser introducidos a sistemas de drenajes y alcantarillados (Vegas, 1997) así como los procesos de tratamiento de minerales los cuales son una fuente común de contaminación tanto por partículas de polvos finos que se emiten a la atmósfera como por la lixiviación de minerales, los cuales generan la contaminación de los sistemas hidrogeológicos

(Ferguson, 1990). La concentración máxima permisible por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1996) para As es de  $10 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , mientras que en México el límite permisible es de  $25 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  (Secretaría de Salud, 2000), sin embargo las concentraciones encontradas en algunas regiones del país como Zimapán son del orden de  $50\text{-}800 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  (Ramos, 1996, CNA-GEH, 1998, Pérez, 2004).

Las tecnologías usuales para remoción de As son coagulación-filtración, intercambio iónico, adsorción en alúmina activada y ósmosis inversa. El uso de cualquiera de estas técnicas tiene alta eficiencia, pero también presentan limitaciones en términos de sus altos costos de inversión, operación y mantenimiento; así como el requerimiento de personal calificado para la operación de las plantas y la generación de desechos tóxicos.

Las propiedades superficiales de las zeolitas naturales pueden modificarse mediante el acondicionamiento por adsorción de un sorbente apropiado con carga superficial positiva en el medio acuoso a un pH menor de 8.0 con óxidos e hidróxidos metálicos (óxidos de hierro, manganeso, cobre y aluminio) para formar superficies capaces de interactuar con especies aniónicas como las que forma el As con el agua (Rivera y Piña, 2007).

### Objetivo

Evaluar zeolita (natural y dopada con  $\text{Fe}^{+3}$ ) de la población Xaha municipio de Zimapán, Hidalgo para la disminución de arsénico contenido en agua subterránea.

### Materiales y Métodos

**Zeolita.** Se obtuvo de la población de Xaha del municipio de Zimapán, Hidalgo, fue reducida a un tamaño de partícula, se tamizó en diferentes mallas y se utilizó la partícula menor a  $100 \mu\text{m}$

**Dopaje de zeolita.** 25 mL de zeolita se lavó con agua desionizada para eliminar la partícula muy fina, posteriormente se sumergió en una solución de 50 mL de cloruro férrico  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  a una concentración de  $1.0 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$  de Fe durante un tiempo de 2.0 hrs con agitación. Se decantó la solución férrica, se lavó con agua destilada y se volvió a sumergir en 50 mL de una solución de hipoclorito de sodio al 4%v/v con agitación lenta durante 2 hrs. Se eliminó el exceso y se dejó secar a temperatura ambiente (Rivera y Piña, 2007).

**Muestra de agua.** El agua a tratar se obtuvo del pozo V de Zimapán Hidalgo, la cual contiene una concentración promedio de  $480 \pm 11 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  de arsénico.

**Desarrollo experimental.** Una fracción de 9 mL de zeolita (sin tratar o tratada) se colocó en una columna de acero inoxidable de  $4.6 \times 250 \text{ mm}$  con filtro de  $0.8 \mu\text{m}$  tipo cromatográfico, se instaló en un cromatógrafo de líquidos de alta eficiencia, el agua a tratar se colocó en uno de los reservorios de la fase móvil previamente filtrada en membranas de  $0.45 \mu\text{m}$  con filtro Millipore, el agua se pasó a través de la columna a un flujo de  $0.3 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  utilizando la bomba del cromatógrafo de líquidos de alta eficiencia. Se colectaron fracciones del doble del volumen de zeolita colocados en la columna y la fracción impar se desechaba y se analizaba la fracción par cuando se habían colectado 25 fracciones

**Determinación de arsénico.** Para la determinación de arsénico, se tomaron volúmenes apropiados de las muestras tratadas, se efectuó una prereducción (Davidowski, 1993) con solución de KI y ácido ascórbico al 5% de cada uno, así como HCl concentrado para asegurar el cambio de estado de oxidación del As ( $5+$ ) a As ( $3+$ ), dejando reposar 20 min antes de realizar el análisis por la técnica de generación de hidruros combinada con la espectrofotometría de absorción atómica; el análisis se realizó con un espectrofotómetro de absorción atómica marca Varian, modelo Spectr AA 880, con lámpara de cátodo hueco del mismo elemento, a una intensidad de corriente de 10 mA y longitud de onda de 193.7 nm, con flama de aire-acetileno optimizada y utilizando  $\text{N}_2$  de alta pureza como gas de

arrastre. En la generación de hidruros se utilizó borohidruro de sodio ( $\text{NaBH}_4$ ) al 0.5% estabilizado con  $\text{NaOH}$  al 0.05% como agente reductor, y  $\text{HCl}$  6M, los cuales fueron introducidos en línea junto con la muestra prereducida al generador de hidruros de flujo continuo, el flujo utilizado en la introducción de muestra al equipo fue de  $8.0 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$  y para las soluciones de borohidruro y ácido clorhídrico de  $1.0 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$  respectivamente. El tratamiento de prereducción se realizó también a a los estándares que fueron utilizados para obtener la curva de calibración de As (Figura 1)

*Determinación de la eficiencia del tratamiento de adsorción. La eficiencia de retención es determinada con la siguiente expresión:*

$$\%R = \frac{(C_{mi} - C_{fe})}{C_{mi}} \times 100$$

donde:

$\%R$  es el porcentaje de retención de As sobre el material adsorbente

$C_{fe}$  es la concentración de la fracción eluida en  $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

$C_{mi}$  es la concentración de la muestra inicial en  $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

Si,  $C_{fe} > C_{mi}$ , se tendrán valores de  $\%R$  negativos, que indicará que el material utilizado no está reteniendo arsénico, sino que al contrario, le estará incrementando su concentración a la muestra de agua tratada.

## Resultados y Discusiones

La curva de calibración de arsénico (figura 1) fue utilizada para determinar la concentración de este elemento tanto de la muestra de agua de referencia como de la muestra de agua filtrada a través de la zeolita sin tratar y tratada con el  $\text{Fe}^{+3}$ .

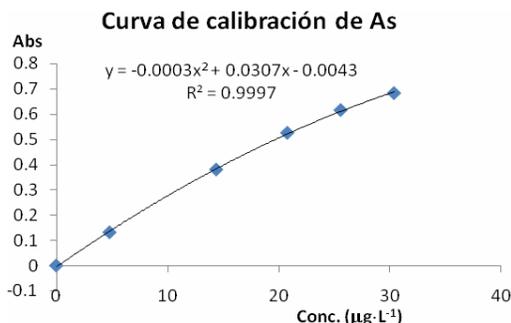


Figura 1. Curva de calibración de As por generación de hidruros

La zeolita natural sin tratamiento muestra claramente que no tiene capacidad para reducir la concentración de arsénico del agua muestra, ya que la concentración de arsénico se reduce en promedio un 20 % (Figura 2)

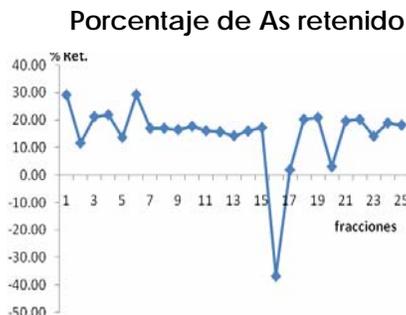
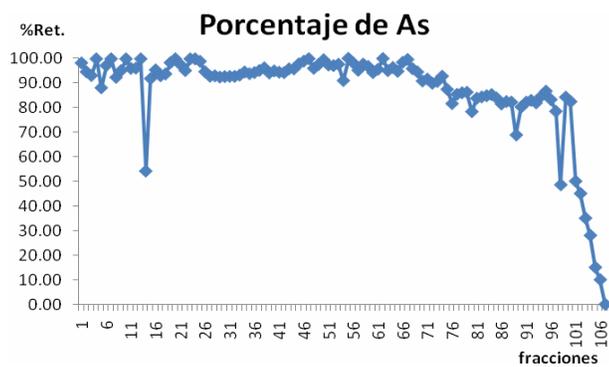


Figura 2. Retención de As en zeolita natural de Xaha, municipio de Zimapán Hgo.

Mientras que la zeolita de Xaha tratada con  $\text{Fe}^{+3}$  mostró una clara disminución de As contenido en el agua tratada (Figura 3)

Figura 3. Retención de As en zeolita dopada con  $\text{Fe}^{+3}$ 

### Conclusiones

La zeolita modificada ha demostrado ser capaz de remover los niveles de As por debajo del nuevo estándar establecido. Además combina las ventajas de un filtro convencional con las de un medio adsorbente, proporcionando un tratamiento de bajo costo y relativamente fácil de operar con capacidades semejantes a la de una resina de intercambio aniónica.

### Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en especial al Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales y a la Coordinación de Investigación y postgrado por el apoyo al proyecto PAI 2006-39, DI-DIP/179/08.

### Referencias Bibliográficas

- Barrer, R. M. 1982. Hydrothermal Chemistry of Zeolites, Academic Press, London
- Bates, N.; Goeden, H.; Hertz-Picciotto, I.; Duggan, M.H.; Wood, R. J; Kosnett, M. and Smith, M. 1992. Cancer risk from arsenic in drinking water. Environmental Health Perspectives. 97, 259-267.
- Breck, D. W. 1974. Zeolite molecular sieves. Ed. Wiley New York, USA. 441-588
- Byrd, M.; Daniel, L.; Roegner, M.; Griffiths, J.; Lamm, S.; Grumski, K.; Wilson, R. and S. Lai. 1996. Carcinogenics risk of inorganic arsenic in perspective. Int. Arch. Occup. Environ. Health. 68, 484.
- Cebrian, M. y A. Albores. 1994. Chronic arsenic poisoning in the North of Mexico. Human Toxicology., 2, 121.
- CNA-GEH (Gerencia Estatal en Hidalgo de la Comisión Nacional del Agua). 1998. Reporte de análisis fisicoquímicos del agua en Zimapán, Hidalgo desde los años de 1992-1998 de la Subgerencia de Administración del Agua.
- Davidowski, L. 1993. A simple continuous flow hydride generator for ICP-OES. Perkin Elmer, Connecticut, EUA. 1-7.

- Ferguson, J. E. 1990. The heavy metals elements: Chemistry Environmental impact and health effects. Paragon Press. Oxford. 211-212.
- Galvão, L. A. C. y C Germán. 19987. Arsénico. Serie Vigilancia 3. Ed. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. 70 pp.
- Pérez, M. F. 2004. Dinámica del arsénico en aguas subterráneas de pozos y sedimentos del distribuidor general de agua potable de Zimapán, Hidalgo. Tesis Doctoral. UAEH. México. 132 pp.
- Ramos, L. J. A. 1996. Parámetros estructurales que controlan la hidrodinámica de las aguas subterráneas en el área de Zimapán, Hgo. Tesis de Maestría. Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra. Instituto de Geología. UNAM. México.
- Rivera, H. Ma. L. y M. S. Piña. 2007. Tratamiento de agua para remoción de arsénico mediante adsorción sobre zeolita natural condicionada. Instituto Mexicano de Tecnología del agua
- Secretaría de Salud, 2000. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127 SSA1-1994. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Diario Oficial de la Federación, 22-11-00. México. Primera sección. 73-79.
- Vegas, T. J. C. 1997. Estudio de la estequiometría de ferritas. Tesis de Licenciatura. Universidad de Valladolid, Fac. Ciencias. Dpto. Quím. Anal. España.
- WHO (World Health Organization). 1996. Guidelines for drinking-water quality, 2ª Ed. Vol. 2. Health criteria and other supporting information. Genova, World Health Organization.

### **ANÁLISIS DE VARIABLES EXPERIMENTALES DE INTERACCIÓN FLUIDO-ROCA BAJO CONDICIONES DE SISTEMAS GEOTÉRMICOS**

Daniel Pérez Zárate<sup>1,2</sup>, Ignacio S. Torres Alvarado<sup>1</sup>, Edgar Santoyo Gutiérrez<sup>1</sup>, Lorena Díaz González<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Sistemas Energéticos, Centro de Investigación en Energía, UNAM, Privada Xochicalco s/n, Centro, 62580, Temixco, Morelos, <sup>2</sup> Posgrado en Ingeniería (Energía), UNAM. [dapez@cie.unam.mx](mailto:dapez@cie.unam.mx), [ita@cie.unam.mx](mailto:ita@cie.unam.mx)

Recientemente, Díaz-González et al. (2008) reportaron un geotermómetro mejorado de Na/K utilizando una extensiva base de datos de composiciones de fluidos geotérmicos reportados en literatura internacional. Los autores observaron que su geotermómetro sobrestima la temperatura en sistemas geotérmicos de baja y mediana entalpia ( $T < 160^{\circ}\text{C}$ ). Este problema fue atribuido a la falta de información confiable entre las temperaturas de 100 y 160°C utilizadas para la derivación de su geotermómetro. Por otra parte, en los últimos 50 años se han realizado numerosos experimentos de interacción fluido-roca para entender diferentes procesos que ocurren en sistemas hidrotermales naturales. Estos estudios han utilizado diferentes dispositivos y condiciones experimentales mostrando la complejidad del sistema y algunos parámetros importantes durante la experimentación. Se considera aún necesario analizar con detalle el papel que juega cada una de las variables que intervienen en los experimentos de interacción fluido-roca bajo condiciones de temperatura y presión típicas de un sistema geotérmico. Este análisis detallado permitiría proponer una serie de experimentos de interacción fluido-roca que ayudarían a comprender de mejor manera los procesos involucrados en el desarrollo de los geotermómetros químicos, en particular del geotermómetro de Na/K a temperaturas entre 100 y 200 °C. Los objetivos principales del presente trabajo son: (1) analizar el efecto de las principales variables durante el desarrollo de experimentos de interacción

fluido-roca, (2) estudiar los procesos físico-químicos que ocurren en los sistemas geotérmicos en base al análisis anterior, y (3) estudiar la aplicabilidad de las composiciones de fluidos producidos durante experimentos de interacción fluido-roca para la calibración de geotermómetros.

Se revisaron 60 trabajos de la literatura internacional relacionados con experimentos de interacción fluido-roca. Se puso énfasis en aquellos trabajos experimentales que involucraron la reacción de rocas ígneas con fluidos de diversa composición química, a temperaturas y presiones típicas de sistemas geotérmicos. Esta revisión bibliográfica demostró que las variables más importantes que influyen en los experimentos de interacción fluido-roca son: la temperatura, el tiempo de reacción, el tipo de sistema experimental utilizado, las composiciones iniciales de los reactantes, la relación fluido-roca y el tipo de muestreo de los productos experimentales. A partir de los trabajos analizados se concluyó que la realización de estudios experimentales de interacción fluido-roca a temperaturas < 200 °C necesita tiempos de reacción mayores a 4000 horas (~5 meses) para obtener un estado estable en las concentraciones de las especies químicas en el fluido en estudio. Estos resultados han sido fundamentales en el diseño de una metodología experimental detallada que está siendo usada en el Centro de Investigación en Energía de la UNAM para realizar experimentos de interacción fluido-roca a baja y mediana entalpía.

### Referencias Bibliográficas

Díaz-González L., Santoyo E., Reyes-Reyes J., (2008). Tres nuevos geotermómetros mejorados de Na/K usando herramientas computacionales y geoquimiométricas: aplicación a la predicción de temperaturas de sistemas geotérmicos. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 25[3], 465-482.

### DESARROLLO HIDROGEOQUÍMICO DE LA CUENCA SAN MIGUEL

\*Tostado-Plascencia, M., Kretzschmar, Thomas.

*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C. mtostado@cicese.mx*

La cuenca de San Miguel está localizada aproximadamente a 20 km al noroeste de la ciudad de Ensenada (INEGI, 2004) en una región cuya actividad económica es principalmente vinícola, cuenta con una superficie de 210.83 km<sup>2</sup>. En la región de estudio afloran principalmente rocas ígneas y metamórficas en la cuenca alta y de rocas sedimentarias (marinas y continentales) en la parte de la cuenca baja, el rango de edad va desde el Jurásico Superior hasta el Cuaternario. De acuerdo al periodo de lluvias el acuífero se recarga en invierno mediante la infiltración a través de fracturas y fallas provocando que el nivel freático del acuífero se eleve aunque la explotación del acuífero unido a las sequías provoca variaciones en el nivel freático rompiendo el equilibrio natural entre el agua subterránea dulce y la salada en regiones cercanas a la costa generando de esta manera intrusión salina donde el frente de agua salada avanza tierra adentro en los periodos de menor recarga del acuífero y retrocede hacia el mar cuando la recarga es mayor.

Se recolectaron muestras de agua en pozos, norias y escurrimientos superficiales a lo largo de la cuenca así como también muestras de agua de la lluvia, el periodo de muestreo abarca los meses de Octubre, Diciembre (2008), y Enero (2009). En campo se registraron la temperatura, conductividad y pH. En el laboratorio se obtuvieron los bicarbonatos por el método de titulación con HCl y mediante

la cromatografía de iones (IC) se determinaron aniones (F, Cl, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> y Br) y los cationes (Na, K, Mg, Si, B entre otros) por espectrometría de emisión de plasma.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en laboratorio utilizados para la construcción de los diagramas de correlación y diagramas de Piper. Los sólidos disueltos muestran a lo largo del periodo de muestreo una baja en las concentraciones de los mismos, la tendencia de la concentración de potasio aumenta mientras que el contenido de sodio y calcio baja. De los índices de intercambio de base de schoeller se tiene que existe intercambio entre el Na y K del agua con el Ca y Mg del sedimento de la roca del acuífero, pero también se presenta al sentido inverso. Contrario a lo que se esperaba, la cuenca baja no presenta influencia marina. Por otro lado y de acuerdo al contenido de Litio en el agua se observa que los tiempos de residencia son relativamente cortos o lo que es lo mismo tienen un corto periodo de interacción con el material del acuífero.

### **EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y MODELACIÓN GEOQUÍMICA DE DATOS HIDROGEOQUÍMICOS DE FLUIDOS HIDROTÉRMICOS PARA EL ÓPTIMO FUNCIONAMIENTO DE HERRAMIENTAS GEOTERMOMÉTRICAS**

Rosario Vázquez-Morales <sup>1,\*</sup>, Ignacio S. Torres-Alvarado <sup>2</sup>, Lorena Díaz-González y Edgar Santoyo <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Posgrado en Ingeniería (Energía), Centro de Investigación en Energía, Universidad Nacional Autónoma de México, Privada Xochicalco s/n, Col Centro, Apartado Postal 34, 62580 Temixco, Mor., México.

<sup>2</sup> Departamento de Sistemas Energéticos, Centro de Investigación en Energía, Universidad Nacional Autónoma de México, Privada Xochicalco s/n, Col Centro, Apartado Postal 34, 62580 Temixco, Mor., México.

\* [rvm@cie.unam.mx](mailto:rvm@cie.unam.mx)

En la industria geotérmica, durante la evaluación energética de una zona en exploración, se requiere inicialmente de la realización de estudios multidisciplinarios de exploración geológica, geoquímica y geofísica. La integración de estos estudios permite estimar el potencial energético almacenado y la extensión del yacimiento geotérmico, además de proporcionar importantes características geológicas y físico-químicas del sistema geotérmico.

Para la exploración y desarrollo de cualquier campo geotérmico, es necesario conocer las temperaturas máximas que podrían ser esperadas en el yacimiento. Estas temperaturas quedan "registradas" en los fluidos geotérmicos por medio de las concentraciones de algunos iones, gases o isótopos, las cuales son dependientes de la temperatura. En consecuencia, estas herramientas químicas son denominadas geotermómetros. Los geotermómetros químicos e isotópicos desarrollados en las pasadas tres décadas están basados en la suposición de que dos especies o compuestos químicos coexisten y han alcanzado el equilibrio con el reservorio geotérmico, que la temperatura es el principal control sobre sus concentraciones, y que no ha ocurrido un re-equilibrio durante el proceso de ascenso y descarga del fluido. Esto muchas veces no es cierto, ya que los fluidos geotérmicos en la realidad, pueden presentar algún tipo de mezcla o re-equilibrio químico.

Durante este trabajo de tesis, se realizó una investigación y evaluación geológico-geoquímica de la base de datos hidrogeoquímicos mundial de Díaz-González y col. (2008), además de una modelación geoquímica y un análisis estadístico de una selección de los fluidos geotérmicos con los que cuenta la base de datos. Con ello se buscó definir los aspectos geológicos más importantes a tomar en cuenta antes de utilizar cualquier herramienta geotermométrica, a fin de obtener los mejores resultados posibles en la estimación de temperaturas de fondo. En este trabajo se aplicaron otras

herramientas geoquímicas, como los diagramas de actividad iónica y los diagramas de índice de saturación mineral, mejorando la interpretación de resultados de los geotermómetros. Por otro lado, también se encontró que existe una falta importante de información de índole geológica y geoquímica de los campos geotérmicos compilados, haciendo muy difícil la tarea de analizar e interpretar la información hidrogeoquímica.

### **HUMEDALES DE MESA DE ANDRADE**

Mauricio Peregrina Llanes<sup>1</sup>, Alejandro Hinojosa Corona<sup>2</sup>, Thomas Kretzschmar<sup>3</sup> y Jorge Ramírez Hernández<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría en Geociencias Ambientales. Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada CICESE. [mperegrin@cicese.mx](mailto:mperegrin@cicese.mx)

<sup>2,3</sup> Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada CICESE.

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Baja California

El sistema deltaico del Río Colorado ha sufrido una rápida y drástica modificación por las actividades humanas. Desde los años treinta del siglo pasado, la agricultura juega un papel muy importante en el desarrollo de la región cambiando uso de suelo y agua en los Valles Mexicali e Imperial. Divididos políticamente por la frontera México-E.U.A y unidos por la misma cuenca hidrográfica continúan transformando la disponibilidad y presencia de ambos recursos desde entonces. El aprovechamiento del agua, se realiza por medio de pozos de bombeo y canales de irrigación, como el Canal Todo Americano en E.U.A. cruzando paralelamente al límite fronterizo, el cual transporta agua de la presa Imperial por gravedad, hacia el Distrito de Irrigación en el valle del mismo nombre. Fluyendo a través de médanos y dunas arenosas en la Mesa de Andrade (East Mesa como se le conoce del lado Americano) favorece la infiltración hacia territorio Mexicano donde 8 km al Sur se formaron humedales que afloran entre las dunas en la parte más meridional de la Meseta, entre el escarpe de éstas y la planicie inundable. El objetivo de este trabajo, es conocer los mecanismos de recarga y descarga en una parte de los humedales, que dependen de las infiltraciones por parte del canal, estimando las variaciones y efectos que se presenten en el agua subterránea, antes y durante las obras de revestimiento, con una descripción de mezcla isotópica de aguas. Como toda línea divisoria la frontera es un límite para la acción humana entre dos estados pero no natural ya que los humedales de la mesa de Andrade están en un país pero se alimentan con agua del otro, lo que nos une en la lucha por su sobrevivencia ya que están ligados al uso, cuidado y distribución del recurso hídrico entre las dos naciones. Específicamente se busca validar la dependencia de los flujos e infiltraciones que alimentan a los humedales desde el canal todo americano y sus conexiones con la recarga por agua de retorno agrícola; conociendo el funcionamiento hidrológico que hay entre el canal, humedales, tierras de cultivo y dren ante un escenario de mayor demanda entre más actores y consumidores, con la disponibilidad del recurso disminuyendo paulatinamente ante el actual revestimiento del canal.

### **EL ACUÍFERO DE MANEADERO ANTE LA PERSPECTIVA DE SU SOBREEXPLOTACIÓN Y RECARGA ARTIFICIAL**

Luis Walter Daesslé, Karina Lugo Ibarra, Leopoldo Mendoza Espinosa y César Obregón M. Sanz  
*Grupo de Agua, Energía y Ambiente, Inst. de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California  
Km 103 Carretera Tijuana – Ensenada, C.P. 22830, Ensenada, Baja California, México, [walter@uabc.mx](mailto:walter@uabc.mx)*

El presente estudio se concentra en la situación de la calidad el agua del acuífero de Maneadero, B.C., con especial énfasis en los sitios previstos para ser regados con aguas residuales tratadas de

la planta de El Naranjo y potenciales sitios para recarga artificial. Los estudios hasta la fecha se han concentrado en describir la evolución histórica de la intrusión salina, así como de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos más relevantes del agua subterránea. Se identificaron a la intrusión salina, y en segundo término a los nitratos derivados de fertilizantes y el fluor, como los contaminantes más evidentes en algunas regiones del acuífero. Se estableció que las concentraciones más altas de sólidos totales disueltos (SDT) se localizan en las regiones centro-occidental del acuífero, cercano a la costa. En esta región la concentración de SDT alcanzó su máximo histórico en 2008 con  $20.5 \text{ g L}^{-1}$  (Fig. 1), más del doble que en 2001 ( $6.06 \text{ g L}^{-1}$ ) y 2005 ( $8.56 \text{ g L}^{-1}$ ). Por lo tanto es evidente que la alta extracción y la limitada recarga de agua al acuífero durante los últimos años, tiene efectos en el desarrollo agrícola de las zonas afectadas. Desde la realización de nuestros primeros estudios, las autoridades iniciaron con la construcción de un tanque de almacenamiento y redistribución para riego de agua residual tratada con de  $2000 \text{ m}^3$  de capacidad en el sur del Valle de Mandadero. Dicho tanque estará ligado mediante una tubería a la planta de tratamiento de aguas residuales localizada en el extremo norte del valle. Asimismo se dio inicio a la licitación y gestión de un planta desaladora cercana a la desembocura del Arroyo San Carlos, con una capacidad esperada de  $250 \text{ l/s}$ . Estos desarrollos tienen el propósito de prevenir la escasez de agua de buena calidad hacia la ciudad de Ensenada, así como de disminuir considerablemente el deterioro que sufren tanto el acuífero como los suelos agrícolas debido a la sobreexplotación del acuífero y el consecuente uso de agua salobre en actividades de riego. Sin embargo, aun se requiere de información técnica y científica más precisa, que permita respaldar un manejo integral y eficaz del agua en la región, como por ejemplo el reuso de los  $500 \text{ l/s}$  de agua residual tratada que actualmente se desperdician al mar.

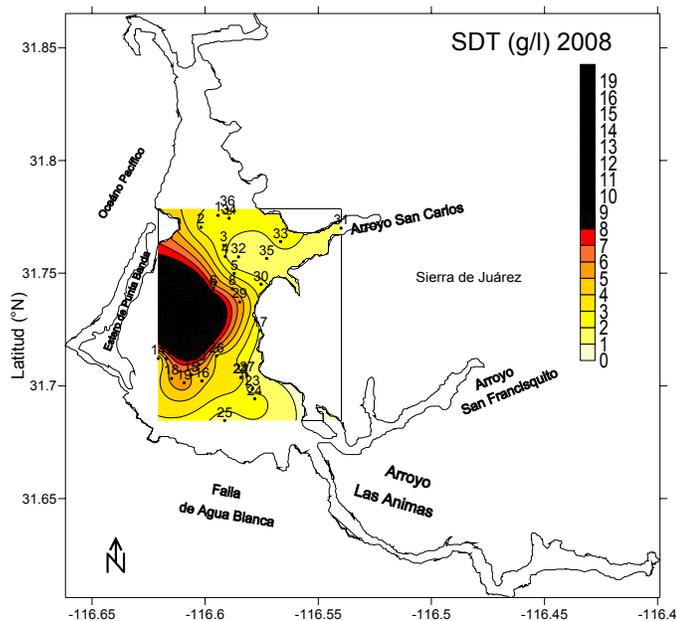


Figura 1: Distribución regional de SDT en el acuífero de Mandadero, Baja California, en 2008.

## **ESTATUTOS DEL INSTITUTO NACIONAL DE GEOQUÍMICA, A.C.**

---

### **I. DE LA SOCIEDAD**

#### **Artículo 1**

El nombre de la asociación es INSTITUTO NACIONAL DE GEOQUÍMICA, A.C. y su título abreviado es INAGEQ. En los ARTÍCULOS sucesivos se usará su título abreviado INAGEQ.

#### **Artículo 2**

Su domicilio es la ciudad de Cuernavaca, Morelos y las delegaciones de las ciudades que se considere pertinente.

#### **Artículo 3**

INAGEQ tendrá una duración indefinida.

### **II. OBJETIVOS**

#### **Artículo 4**

Los objetivos de la asociación son:

- i. Agrupar los geoquímicos del país así como los profesionales relacionados con las Ciencias de la Tierra.
- ii. Promover el estudio y solución de problemas relacionados con la Química de la Tierra.
- iii. Fomentar la interacción entre instituciones y grupos de trabajo, mediante programas de cooperación científica nacional e internacional.
- iv. Mantener a los geoquímicos de México en comunicación mutua y con sus colegas del exterior.
- v. Fomentar y apoyar el estudio de la Geoquímica en México.
- vi. Organizar eventos con la finalidad de difundir las aportaciones científicas, fomentar intercambio de ideas y experiencias, y promover la formación de recursos humanos.

### **III. PATRIMONIO**

#### **Artículo 5**

INAGEQ tiene plena capacidad jurídica para recibir donativos, comprar y vender bienes y servicios, con el fin de cumplir con los objetivos de esta asociación. ARTÍCULO 6. El patrimonio de la asociación lo constituyen:

- i) Las cuotas de los miembros.
- ii) Donaciones, subsidios y pago de servicios de particulares o de instituciones públicas y privadas.
- iii) Bienes o derechos que adquiera en propiedad. ARTÍCULO 7. Ni los miembros ni personas extrañas a la asociación pueden pretender derechos sobre el patrimonio de la misma.

### **IV. MIEMBROS**

#### **Artículo 8**

El INAGEQ tendrá los siguientes miembros:

- i) *Ordinarios*: Serán aquellos individuos dedicados o asociados profesionalmente a cualquier rama de la Geoquímica de acuerdo al ARTÍCULO 11.
- ii) *Fundadores*: Serán solamente aquellos Miembros Ordinarios inscritos durante el año de 1990, tras pagar la cuota correspondiente, de acuerdo a los ARTÍCULOS 11 y 40.
- iii) *Numerarios*: Aquellas personas de alto y reconocido prestigio científico o técnico en el campo de la Geoquímica que reúnan los requisitos del ARTÍCULO 12.
- iv) *Honorarios*: Aquellas personas de alto y reconocido prestigio científico o técnico en el campo de la Geoquímica que reúnan los requisitos del ARTÍCULO 12.
- v) *Estudiantes*: Estudiantes recomendados por su centro de estudios y que cumplan los requisitos del ARTÍCULO 13.

- vi) *Institucionales*: Serán las instituciones, sociedades y empresas que soliciten por escrito su ingreso al INAGEQ, manifestando su interés en las actividades del mismo.
- vii) *Benefactores*: Será cualquier persona física que desee ayudar económicamente a los fines del INAGEQ. Su designación deberá ser aprobada por la Mesa Directiva.
- viii) *Vitalicios*: Serán aquellos miembros Ordinarios que hayan cubierto la cuota correspondiente de acuerdo a los ARTÍCULOS 11 y 32.

#### **Artículo 9**

En caso de duda sobre una solicitud de ingreso, la Mesa Directiva deberá turnarla a la Asamblea General para dar una respuesta definitiva.

#### **Artículo 10**

Con el fin de conservar la calidad de Miembro, se requiere estar al corriente en el pago de sus cuotas. El pago deberá de realizarse dentro de los primeros treinta días del año calendario.

### **V. REQUISITOS DE LOS MIEMBROS**

#### **Artículo 11**

Para ser Miembro Ordinario, deberá al menos ser pasante de una licenciatura relacionada con cualquier rama de la Geoquímica, presentar su solicitud por escrito, cubrir por anticipado las cuotas de admisión y membresía.

#### **Artículo 12**

Para ser Miembro Numerario o Honorario, deberá al menos tener el grado de una licenciatura relacionada con cualquier rama de la Geoquímica, haberse dedicado a la Geoquímica, haber sido miembro del INAGEQ durante por lo menos cinco años, haber demostrado su alto prestigio científico o técnico y ser propuesto por al menos diez Miembros Ordinarios. Su aprobación será por la Asamblea General.

#### **Artículo 13**

Para ser Miembro Estudiante, deberá contar con una adscripción en una institución educativa comprobada por las autoridades docentes correspondientes, llenar la solicitud de ingreso avalada por un Miembro Ordinario o Numerario y pagar la cuota anticipadamente.

### **VI. DEL GOBIERNO**

#### **Artículo 14**

El Gobierno del INAGEQ estará a cargo de:

- a) La Asamblea General y
- b) La Mesa Directiva.

#### **Artículo 15**

La Mesa Directiva estará constituida por un Presidente, un Secretario General, un Tesorero, Secretarios de actividades, Delegados Regionales y Vocales.

#### **Artículo 16**

El Presidente de la Mesa Directiva tendrá a su cargo las siguientes obligaciones y facultades:

- a) Tener la representación legal del INAGEQ.
- b) Tener a su cargo la dirección general de los asuntos del INAGEQ.
- c) Convocar y presidir las reuniones de la Mesa Directiva y de las Asambleas del INAGEQ, así como ejecutar los acuerdos tomados.
- d) Autorizar de común acuerdo con el Tesorero, los gastos que demanden las actividades del INAGEQ.
- e) Rendir un informe sobre el estado del INAGEQ en la Asamblea General de cada año.

**Artículo 17**

Si por alguna razón el cargo de Presidente quedase vacante, el Secretario General asumirá dicho cargo en forma interina hasta la siguiente reunión anual.

**Artículo 18**

El Secretario General auxiliará al Presidente en la administración general de las actividades del INAGEQ y coordinará a los Secretarios de actividades y Delegados Regionales.

**Artículo 19**

El Tesorero será el encargado del manejo de los fondos pertenecientes al INAGEQ. Tendrá la autorización de firmar, junto con el Presidente, todas las autorizaciones de cobros, gastos y demás documentos relacionados con el movimiento de fondos del INAGEQ. Cobrará y firmará todos los cheques, giros y demás documentos que reciba o extienda el INAGEQ. Llevará la contabilidad del INAGEQ y rendirá informes del estado de cuentas a la Asamblea General anual y a la Mesa Directiva cada vez que el Presidente lo solicite.

**Artículo 20**

Los Delegados Regionales serán los representantes de la Mesa Directiva en aquellas zonas geográficas que se determinen por la Asamblea General y que cuenten con profesionales dedicados o asociados a la Geoquímica. En su región, los Vocales Regionales apoyarán al INAGEQ para lograr sus objetivos.

**Artículo 21**

Los Vocales de Especialidad e Institucionales serán los representantes de los Delegados Regionales para las especialidades de la Geoquímica que se determinen por la Asamblea General. Estos Vocales tendrán la función de fomentar la especialidad que ellos representan.

**Artículo 22**

Para ser integrante de la Mesa Directiva se requiere ser Miembro Ordinario del INAGEQ, estar al corriente en el pago de las cuotas y resultar electo mediante los procedimientos establecidos en estos estatutos.

**Artículo 23**

La duración de los cargos en la Mesa Directiva será de un año. Un miembro podrá ser reelecto para el mismo cargo por un sólo período más.

**Artículo 24**

Cualquier miembro de la Mesa Directiva, al término de sus funciones, podrá ocupar otro cargo en la Mesa Directiva de acuerdo al ARTÍCULO 23.

**Artículo 25**

Para ser Presidente, se requiere ser Miembro Ordinario de reconocido prestigio científico y ser propuesto por diez Miembros Ordinarios.

**VII. DE LAS SECCIONES Y REUNIONES****Artículo 26**

El INAGEQ estará constituido por vocalías representantes de todo el espectro de investigaciones que se realizan en la Geoquímica.

**Artículo 27**

El INAGEQ deberá efectuar cada año, al menos, una Asamblea General dentro de la reunión de trabajo o Congreso. El citatorio deberá contener la orden del día.

**ARTÍCULO 27 bis.**

El INAGEQ deberá efectuar cada año, una reunión de trabajo o Congreso en el lugar que fije la Asamblea General.

**Artículo 28**

Pasados quince minutos de la hora fijada para el inicio de la Asamblea, se considerará que existe quórum, cualquiera que sea el número de Miembros Ordinario presentes.

**Artículo 29**

La Mesa Directiva podrá buscar la participación del INAGEQ en asociaciones nacionales o internacionales que apoyen los objetivos de esta asociación.

**VIII. DE LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES****Artículo 30**

Las cuotas anuales del INAGEQ serán fijadas por la Asamblea General. Los Miembros Numerarios y Vitalicios estarán exentos del pago de sus cuotas.

**Artículo 31**

La cuota para ser Miembro Estudiante será el 50% de la cuota establecida para ser Miembro Ordinario.

**Artículo 3**

Se podrá pagar una cuota vitalicia equivalente a diez años de la cuota para Miembro Ordinario.

**Artículo 33**

Los miembros al corriente del pago de sus cuotas y los Miembros Institucionales tendrán derecho a recibir la revista del Instituto, cuando ésta se publique.

**IX. DE LAS ELECCIONES****Artículo 34**

La elección de los miembros de la Mesa Directiva se llevará a cabo anualmente, defazandola de los Secretarios de actividades, Delegados Regionales y Vocales.

**Artículo 35**

La votación para la elección de los integrantes de la Mesa Directiva se hará mediante voto secreto y directo durante la Asamblea General.

**X. DE LAS PUBLICACIONES****Artículo 36**

El INAGEQ contará con las publicaciones científicas y de difusión, que de acuerdo a sus posibilidades y madurez, sean aprobadas por la Asamblea General.

**XI. DE LAS REFORMAS A LOS ESTATUTOS****Artículo 37**

Cuando diez o más Miembros Ordinarios en ejercicio de sus derechos soliciten alguna modificación a los presentes estatutos, deberán presentar una solicitud escrita, firmada por ellos y dirigida al Presidente del Instituto, indicando claramente la o las reformas que proponen. Esta solicitud será dada a conocer ampliamente entre los miembros, con una anticipación mínima de 30 días, y en la Asamblea General se discutirá y aprobará en su caso.

**Artículo 38**

La Asamblea General podrá además nombrar una comisión para el estudio y la revisión de estos estatutos o parte de ellos. Las conclusiones y sugerencias de esta comisión serán dadas a conocer ampliamente entre los miembros durante la Asamblea General para discutir y aprobar, en su caso, las modificaciones propuestas.

**XII. TRANSITORIOS****Artículo 39**

Las personas que firmaron el Acta Constitutiva de este Instituto, así como todos los Miembros Ordinarios que se inscriban durante el año de 1990 y paguen la cuota correspondiente, se considerarán como Miembros Fundadores.

**Artículo 40**

La cuota para ser Miembro Fundador será equivalente a dos años de la cuota establecida para ser Miembro Ordinario durante 1990.

**Artículo 41**

La Mesa Directiva firmante del presente documento se disolverá en la primera Asamblea General y no se contabilizará este período por el ARTÍCULO 23.

**MODIFICACIONES 1995****Artículo 42**

El Secretario de Eventos deberá elegirse cada año de acuerdo a la sede del congreso.

**Artículo 43**

Cualquier miembro del INAGEQ con un nombramiento dentro de la Mesa Directiva puede ser postulado para ocupar otro puesto.

**Artículo 43**

En caso de que alguno de los miembros de la Mesa Directiva abandone su puesto, deberá entregar por escrito su renuncia. El Presidente de la Mesa Directiva nombrará en forma interina el representante sustituto hasta la siguiente Asamblea.

**MODIFICACIONES 1996****Artículo 44**

Se hará una distinción entre la Mesa Directiva completa como la MESA DIRECTIVA y la Mesa Directiva Corta o MESA DIRECTIVA PST (donde PST significa Presidente, Secretario y Tesorero)

**MODIFICACIONES 1997****Artículo 46**

Las funciones la Mesa Directiva PST están cubiertas por los ARTÍCULOS ya existentes en los estatutos.

**Artículo 47**

La Asamblea nombrará un Comité Editorial que será responsable de evaluar el contenido académico de los trabajos que se presenten en el Congreso del INAGEQ y que serán publicados anualmente. El comité estará constituido por un residente, cuatro evaluadores y una persona de la sede del Congreso. El comité se apoyará en los Delegados Institucionales, regionales, de Especialidad y expertos en las diferentes ramas de la geoquímica, para evaluar la calidad de los trabajos.

**Artículo 48**

La Asamblea elegirá un Editor para las publicaciones del INAGEQ. La duración del cargo será de dos años con posibilidad de reelecciones si la Asamblea así lo decide. El Editor, en colaboración con el Comité Editorial y Comité Organizador de la sede del Congreso anual del INAGEQ, será responsable de la edición de la publicación correspondiente al evento. La Asamblea puede revocar el nombramiento, si se considera que la persona en el puesto no cumple con las funciones asignadas.

**Artículo 49**

La publicación correspondiente al Congreso anual deberá tener por lo menos dos editores: el editor nombrado por la Asamblea y un editor nombrado por la sede.

**Artículo 50**

El horario de la Asamblea anual será establecido a criterio de los organizadores de cada Congreso, respetando los ARTÍCULOS 27 y 27 bis. Las propuestas para modificaciones a los estatutos existentes, son evaluadas durante la Asamblea Anual y de ser aprobadas se incluirán en las Memorias del congreso del año siguiente.

**MODIFICACIONES 2006****Artículo 45**

Los criterios para evaluar los trabajos estudiantiles son los siguientes:

- i) El comité evaluador no debe incluir el tutor o coautor de algún estudiante que este participando.
- ii) El estudiante presentará una constancia que acredite su calidad de estudiante.
- iii) El estudiante manifestará por escrito el nombre de su asesor.
- iv) Al inicio del congreso se deberán hacer públicas las ponencias que concursan por este premio.
- v) La mesa directiva (PST) nombrará un Comité de dos o tres árbitros para evaluar los siguientes aspectos: calidad de la investigación, evaluación del escrito por parte de los editores, desenvolvimiento durante la presentación, calidad del material visual, utilización de dicho material, empleo y distribución del tiempo asignado y la intervención del estudiante durante la sesión de preguntas y respuestas.
- vi) Se abrirán tres premios: mejor trabajo estudiantil nivel licenciatura, recibirá diploma y una cantidad en efectivo equivalente a 8 veces la cuota de membresía estudiantil al INAGEQ; mejor trabajo estudiantil nivel maestría, éste se premiará con diploma y una cantidad en efectivo equivalente a 10 veces la cuota de membresía estudiantil al INAGEQ, y mejor trabajo estudiantil nivel doctorado, éste se premiará con diploma y una cantidad en efectivo equivalente a 12 veces la cuota de membresía estudiantil al INAGEQ.
- vii) Se requiere un mínimo de dos participantes por categoría; de lo contrario el premio se declarará desierto en ese año. En caso de que haya ganadores, independientemente de su nivel (licenciatura, maestría o doctorado), se les apoyará para que efectúen una publicación en una revista arbitrada sobre la temática motivo del premio, el apoyo o apoyos dependerá de la disponibilidad de fondos del INAGEQ.
- viii) Podrá declararse desierto cualquiera de las categorías, si los trabajos presentados no reúnen la calidad suficiente de acuerdo al criterio de los árbitros.

## Instituciones Participantes

### Nacionales

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR)  
 Centro de investigación en Matemáticas  
 Centro Nacional de Investigación y capacitación Ambiental  
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de  
 Ensenada

*Departamento de Geología*  
*Posgrado en Geociencias Ambientales*

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
 Instituto Nacional de Antropología e Historia  
 Instituto Politécnico Nacional

*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas*  
 Centro Interdisciplinario de Investigación para el  
 Desarrollo Integral Regional, Sinaloa.  
 Centro Interdisciplinario de Investigaciones y  
 estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo

Instituto Tecnológico de Sonora  
 Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey  
 Museo Histórico de Múzquiz, Coahuila  
 PEMEX-Exploración-Producción  
 Región Marina Noreste

Universidad Autónoma de Baja California  
*Instituto de Investigaciones Oceanológicas*  
*Facultad de Ciencias Marinas*  
*Posgrado en Oceanografía Costera*

Universidad Autónoma de Baja California Sur

Universidad de Colima  
*Centro Universitario de Investigaciones*  
*Oceanológicas*  
*Facultad de Ciencias Marinas*

Universidad de Sonora

*Departamento de Geología*  
*Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia*  
*Maestría en Geología*

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

*Centro de Investigaciones en Ciencias de la*  
*Tierra y Materiales*  
*Centro de Investigaciones Biológicas*  
*Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería*

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

*Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias*  
*Aplicadas*

Universidad Autónoma de Nuevo León

*Facultad de Ciencias Biológicas*

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

*Instituto de Geología*

Universidad Autónoma de Yucatán

*Facultad de Ingeniería*

Universidad Nacional Autónoma de México

*Centro de Geociencias*  
 Centro de Investigación en Energía  
 Facultad de Ciencias Políticas y Sociales  
 Facultad de Estudios Superiores Iztacala  
 Facultad de Química  
 Instituto de Ciencias del Mar y Limnología  
 Instituto de Geofísica  
 Instituto de Geografía  
 Posgrado en Ciencias de la Tierra  
 Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

### Internacionales

*Academia de Ciencias de Rusia, Moscú, Rusia*  
*Instituto de Oceanología de P.P. Shirshov*  
*Instituto de Geoquímica y Química Analítica de*  
*V.I. Vernadsky*

Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil  
*Instituto de Oceanografía*

Technische Universität Darmstadt, Alemania  
*Institut für Angewandte Geowissenschaften*

Universidad de Barcelona España  
*Departamento de Geoquímica, Petrología y*  
*Prospección Geológica*

Universidad de Vigo  
*Facultad de ciencias del mar*

University of Arizona, Tucson AZ  
*Geosciences Department*

University of California, Los Angeles  
*Department of Earth and Space Sciences*

University of California, Santa Barbara  
*Department of Geological Sciences*

University of Massachusetts, Lowell, MA  
*Department of Environmental, Earth, and*  
*Atmospheric Sciences*

Université Paul Cézanne, Marseille, France  
*Laboratoire de Pétrologie Magmatique*

Queen's University Belfast  
*Agri-Food and Biosciences Institute*

Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Alemania  
*Institut für Mineralogie*

## Indice de autores

Aguíñiga Sergio	14	Lizárraga-Mendiola	31,77
Alexander-Valdés Héctor M.	63	Llanes-Cárdenas O.	92
Almirudis-Echeverría Erika	83	Lopez Ulises	87
Andaverde-Arredondo Jorge Alberto	71	López-Martínez	83
Ángeles-Cruz Catalina A.	1, 101	López-Ortiz Blanca E.	14
Ángeles-García S.	96	López-Santiago Norma	95
Arenas-Flores A.	77	Lozano-García Socorro	56
Armenta-Hernández María Aurora	69,87	Lozano-Santa Cruz R.	96
Armstrong-Altrin John S.	52,59,62	Lozano-Santacruz	56
Ávila-Ramírez Gladis Marley	52	Lugo-Ibarra K.C.	58, 108
Barrera-Guerrero Santa	48	Macías-Zamora José	14,58
Beramendi-Orosco Laura E.	33	Madahavaraju J.	52,58,62
Birkle Meter	87	Magos Ester	67
Blanco-Piñón A.	77	Mahlknecht Jürgen	87
Busby Cathy	85	Marmolejo-Santillán	101
Busby Michael	85	Martín Arturo	48
Cadena-Zamudio José Luís	67,68,101	Martínez-Jardines	96
Camalich Jaime	14	Martín-Romero	33
Canales E. Armando G.	87	Mejía-Piña Karla	16
Canet-Miquel Carles	1,7,87	Mendoza-Cordova	72
Carranza-Edwards A.	59,62	Mendoza-Espinosa	52,67
Carreño Gilberto	87	Mendoza-Espinosa, L.	108
Carrillo Joel	87	Meneses-Lugo José A.	52
Carrillo-Cárdenas Manuel	95	Mengelle López Jorge	51,81
Carrquiry Beltrán José Domingo	15,55,67	Meyer Willerer A. O.	16
Castillón-González Judith	41	Meza-Figueroa Diana	50
Cázares-Hernández Facundo	84	Mezger Klaus	85
Ceniceros-Gómez Agueda	96	Mirlean Nicolai	60
Centeno-García Elena	85	Montecinos Patricio	99
Cerecedo S. Eduardo	52	Mora Juan Carlos	87
Cruz-Martínez Adriana	52,62	Moreles Miguel Ángel	87
Choumiline Evgueni	52,60	Morton-Bermea Ofelia	31,33,56,96,99
Christopher J. Eastoe	87	Muñoz Sevilla P.	92
Daesslé L.W.	58, 108	Nelson Eby G.	59
De la O Margarita.	94	Norzagaray Campos M	92
Del Rio-Salas Rafael	84	Obregón Sanz M.	100, 108
Demant Alain	40	Ochoa-Chi Juanita del	30
Demina Ludmila	56	Olguín-Villa Ángel	41
Díaz de León-Hernández Luz M.	63	Olivos-Ortiz A.	16
Díaz-González Lorena	105,107	Orozco-Durán A.	16, 108
Durán-Domínguez Ma. del Carmen	31	Ortega Beatriz	56
Encinas Y. David H.	87	Ortega-Ochoa Ricardo	41
Elías-Zavala Viviana Eréndira	32	Ortega-Rivera Ma.	70
Espinoza-Medina Enrique	72	Ortega-Tenorio Luz	31,63
Espinoza-Ojeda Orlando Miguel	71	Ortuño-Arzate María	99
Esquivel-Macías Carlos	7	Pandarínath K.	97
Estrada-Carmona Juliana	99	Paz-Moreno Francisco	49,83,84
Flores-Castro Kinardo	1,7,52,62,67,68,101	Peregrina-Llanes	108
Galkin Sergey	56	Pérez-Ángeles Claudia	7
García María Elena	96,99	Pérez-Moreno Fidel	7,68,101
García-Grillet Darcy K.	70	Pérez-Segura Efrén	72
Giacomán-Vallejos Germán	24	Pérez-Zárate Daniel	105
Gibson Richard	1,7,95	Ponce Caballero María	24
Girón-García P.	96	Porras-Múzquiz H.	77
Gómez Agustín	94	Priyadarsi Debajyoti	56
Gómez-Valencia Alejandra Marisela	41	ProL-Ledesma Rosa	1
González Judith	49	Queraltó Lidia	61

González-Chavarín I.	16	Quintero-Escamilla	101
González-Hernández Galia	33	Ramírez- Hernández	108
González-León C. M.	58	Ramírez Màrius	67
González-Sandoval Ma. del Refugio	31	Ramírez-Álvarez Nancy	14
González-Yajimovich Oscar	16	Ramírez-Cardona	7,52,62,77
Gordeev Vyacheslav	60	Ramos Yan Renee	87
Granados-Ramírez Pamela	52,59,62	Rángel Miguel	94
Graniel-Castro Eduardo	24	Reyes-Sánchez	96
Graniel-Tellez Manuel	19	Ricaurte-Villota	15,67
Guadarrama- Romero J. Armando	14	Rodríguez-Estrada	33
Gutierrez-Ruiz Margarita	96	Rodríguez-Juárez	14
Guzmán-Morales Janin	31,96	Rodríguez-Salazar	31,96,99
Hansen Anne	87	Rumín Aitor	61
Hernández Hedgar	96	Sánchez Alberto	14
Hernández Juan	67	Sánchez y Pinto Ismael	24
Hernández Karla	94	Sánchez-Osorio José	14
Hernández-Álvarez Elizabeth	31,33,96,99	Sánchez-Vargas Lilia I.	14
Hernández-Avila J.	77	Santoyo-Gutiérrez	71,105,107
Hernández-Morales Pablo	88	Sapozhnikov Dmitry	60
Herrera-Rodríguez Miguel	63	Sauri-Riancho María	24
Herrera-Urbina Saúl	49,83	Scherer Erik	85
Hinderer Matthias	39	Schmitt Axel	48
Hinojosa-Corona Alejandro	108	Silva-Martínez L. E.	77
Hornung Jens	59	Torres-Alvarado Ignacio	39,87,105,107
Horta-Puga Guillermo	15,67	Tostado-Plascencia M.	106
Huerta-Díaz Miguel Ángel	17	Troyo-Diegéz E.	92
Imaz-Lamadrid Miguel A.	88	Valdivieso-Ojeda Jacob	17
Iriondo Alexander	49	Vázquez-Gutiérrez	31,63
Jobin Edith	40	Vázquez-Morales	107
Kasper-Zubillaga J.J.	59,62	Verma Surendra P.	33
Kretschmar Thomas	32,87,93,106,108	Vidal-Solano Jesús	19,41,48,50,72
Leal-Acosta María Luisa	60	Viladevall i Solé Manuel	68
Lenhardt Nils	39	Villaescusa-Celaya	15,67
Linares-López Carlos	69	Villalobos-Peñalosa	18,95
		Villaseñor-Cabral María	69
		Weber Bodo	48,85,87,99
		Wurl Jobst	88
		Zamorano Téllez J.	52,67
		Zúñiga A. Karen L.	87

**Acta de la Asamblea Anual del INAGEQ**

8 de Septiembre, 2008

Inicio de la Asamblea: 12:35 hrs. en el Centro de la Artes de la Universidad de Sonora.

1. Lectura y aprobación del orden del día
2. Lista de Asistencia, hubo quórum integrado por 20 miembros ordinarios y 4 estudiantes.
3. Lectura del Acta #17 correspondiente a la Asamblea 2007, se aprobó.
4. Informe del Dr. Francisco A. Paz Moreno, Presidente del INAGEQ.

El Dr. Paz abordó los siguientes puntos:

- Congreso 2007: se comentó la buena organización, participación masiva de estudiantes, 27 trabajos presentados.
- Congreso 2008: se informó sobre los resultados de tareas propuestas en 2007: ISBN en trámite, así como el Colofón y página legal. Se presentaron 48 trabajos y se impartieron dos cursos. Los ingresos por cursos aproximadamente \$30 0000.00 MN. El balance fue positivo.
- No hubo memorias de la excusión geológica/turística, dado que fue informal.
- No se aprobó la invitación para unirse a la Unión Geofísica Mexicana (UGM). Se considera que con la Sociedad Mexicana de Mineralogía si sería factible dada su afinidad temática y tamaño de la organización.
- El proceso de credencialización 2008 continuará.
- Se pagaron tres ediciones de la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas (RMCG).
- Se realizo una edición más del Curso de Estadística impartido por el Dr. Surendra P. Verma
- El ganador del premio al mejor trabajo estudiantil en Pachuca modalidad licenciatura, Santa Barrera Guerrero, recibió apoyo para realizar una estancia en Hermosillo y para participar en el curso Pre-congreso.

Informe de la Tesorería:

- La Dra. Ma. Amabel Ortega-Rivera, Tesorera del INAGEQ, presentó una relación de los principales movimientos de la cuenta 4019015338 del Banco HSBC Sucursal Cuernavaca Centro durante el periodo del – 4 Octubre de 2007 al 8 de Octubre de 2008.
- En la cuenta corriente (chequera) al día 31 de julio de 2008 se contaba con \$8,291.00 pesos m.n como saldo del 2007 después de pagos por concepto del XVII congreso INAGEQ, de 2007, además se tienen \$36,194.12 pesos m.n en la cuenta de inversión a 28 días, y \$20,619.70 pesos m.n. en la cuenta de inversión a 7 días, quedando pendiente la contabilización de ingresos y egresos al cierre del congreso del 2008. Del saldo en efectivo (\$24502.00) del 2007, se realizaron los pagos correspondientes a la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas (RMCG) de \$6468.00 m.n. por 50 ejemplares del volumen No. 24-3, de \$5,000.00 m.n. por el pago de 50 ejemplares por volumen 25-1 y de \$4,700.00 m.n. por 50 ejemplares del volumen 25-2. El pago de premios a 3 estudiantes ganadores por la cantidad de \$3,000.00 m.n.: respectivamente por \$1,200.00 m.n., \$1,000.00 m.n. y \$800.00 m.n., Doctorado,

Maestría y Licenciatura. Asimismo se realizó el pago de 15 ejemplares del libro de estadística básica y su envío por \$4834.00 m.n. para el curso del 2007.

- Gastos en 2008: pago por envío de la RMCG \$ 2,160.00 m.n. de la Cd. de México a Hermosillo, Sonora. Se solicitará que se envíe a la Sede del Congreso anual.
  - La organización del congreso 2008 recibió \$50,000.00 m.n. de la UNISON con Fondos del Programa Institucional PIFI, El INAGEQ invirtió \$5,000.00 m.n. antes del final del congreso 2008. Ingresaron aproximadamente \$45,000.00 m.n., el número correcto se definirá el 9 de Octubre.
5. El costo de las membresías e inscripciones para el Congreso 2009 se aprobó y se comentó lo siguiente:
- Establecer convenios con Universidades de provincia Los Programas Integrales de Fortalecimiento Institucional (PIFIs) podrían apoyar al INAGEQ.
  - Propiciar un mayor acercamiento del Presidente con la Universidad sede.
  - El INAGEQ es autosuficiente, la UNISON apoyó con el uso del auditorio e impresión de *ACTAS INAGEQ*.
  - Los recursos del INAGEQ están destinados a apoyar a la institución sede.
  - Se propone tener reuniones con otras asociaciones geológicas.
6. Información del estado actual de la RMCG por el Dr. Surendra P. Verma
- En 2007 ingreso al Science Citation Index (SCI)
  - En Latinoamérica se publican varias revistas en geología: 3 Argentinas, 32 Brasileñas, 3 Chilenas y 18 Mexicanas.
  - La RMCG ocupa el cuarto lugar con respecto al Factor de Impacto (FI) de las otras revistas Mexicanas, incluidas en SCI.
  - Se solicitaron propuestas para mejorar el FI de la RMCG.
  - La RMCG está recibiendo muchos trabajos y existe poca disponibilidad de de la comunidad geológica para arbitrarlos.
  - La mesa PST propone solicitar se incluyan: Geoquímica Ambiental y Geoquímica Analítica como áreas de interés en la RMCG.
  - La nueva mesa PST asume el compromiso de consultar vía electrónica la opinión de los socios.
7. Próximas sedes del INAGEQ:
- Se ratifica la propuesta del Dr. Verma (CIE-UNAM) para la sede del XX Congreso Nacional de Geoquímica en Temixco, Mor.
  - La sede para 2009 se propone sea la UABC en Ensenada, B.C., el Dr. Daesslé aceptó y propone septiembre, como fecha probable para el evento.
  - El Dr. S.P. Verma propone organizar el congreso en 2010 conjuntamente con la Sociedad Mexicana de Mineralogía. Esta posibilidad se negociará.
  - El Dr. W. Daesslé propuso solicitar candidatos para la sede 2011.
8. Nuevos nombramientos:
- Secretario de Eventos: Dr. Walter Daesslé UABC.
  - En 2007 se definieron algunas especialidades y se actualizó base de datos CFE - Ing. Fernando Sandoval Medina.

- Delegación Regional Norte-NW con sede en Sonora - Dr. Francisco A. Paz Moreno (Depto. de Geología, UNISON)
9. Nombramiento de nueva Mesa Directiva PST bienio 2009-2010  
Candidatos a Presidente: Dr. Edgar R. Santoyo Gutiérrez (Miembro Vitalicio, Investigador Titular "C", SNI 2) y Dra. Amabel Ortega Rivera (Miembro Ordinario, Técnico Académico Titular "B", SNI 1).  
Candidatos a Secretario: Dra. Amabel Ortega Rivera y Dr. Bodo Weber (Miembro Ordinario, Investigador Titular "A", SNI 1).  
Candidatos a Tesorero: Dr. Jesús Vidal Solano (Miembro Ordinario, Profesor Titular "A", SNI candidato).

Resultados de la votación:

Presidente: Dra. Amabel Ortega 10 votos, Dr. Edgar R. Santoyo 5 votos;

Secretario: Dr. Bodo Weber por mayoría;

Tesorero Dr. Jesús Vidal 9 votos

10. Asuntos Generales

- En 2010 es factible invitar a la Sociedad Mexicana de Mineralogía.
- El Secretario de Difusión Walter Daesslé propone iniciar con anticipación la difusión del congreso.
- Dar apoyo a estudiantes para asistir al curso de Estadística Básica
- Explorar la posibilidad de que los trabajos de estudiantes premiados se publiquen completos en la RMCG (existen recursos disponibles en el INAGEQ para este fin).
- Ampliar la difusión del Congreso para propiciar la asistencia de estudiantes  
Se propuso a Jaime Roldán Quintana como Secretario de Difusión.

La Asamblea concluyó a las 14:30 hrs.

Dr. Francisco A. Paz Moreno, Presidente

Dr. Edgar R. Santoyo, Secretario

Dra. Amabel Ortega Rivera, Tesorera

*Actas INAGEQ*, Vol. 15, No. 1  
Esta edición estuvo a cargo de  
L. Walter Daesslé, Karina C. Lugo Ibarra y A. Orozco Durán  
UABC - INAGEQ  
Consta de 80 ejemplares.  
Septiembre de 2009.