



Universidad de Sonora



Departamento de Geología  
UNISON



Universidad Nacional  
Autónoma de México



Instituto de Geología  
ERNO-UNAM

FONDOS PIFI 2008-2009

# XVIII

CONGRESO NACIONAL  
DE GEOQUÍMICA

Del 6 al 10 de Octubre de 2008  
HERMOSILLO, SONORA

 **INAGEQ**  
Instituto Nacional de Geoquímica



## ACTAS INAGEQ

VOLUMEN 18-NO. 1, OCTUBRE DE 2008

**EDITORES**

FRANCISCO A. PAZ MORENO  
AMABEL ORTEGA RIVERA  
FACUNDO CÁZARES H.

UNIVERSIDAD DE SONORA DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA  
INSTITUTO DE GEOLOGÍA ERNO-UNAM

Instituto Nacional de Geoquímica A.C., 18 años al servicio de la ciencia y la educación en México.

INAGEQ

# Actas INAGEQ

Volumen 18, No.1, Octubre de 2008



**UNISON**  
Departamento de Geología



**UNAM**  
Instituto de Geología - ERNO

---

Volumen especial dedicado al

## **XVIII CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA**

6 AL 10 DE OCTUBRE DE 2008

HERMOSILLO, SONORA.

Editores:

Francisco A. Paz Moreno  
María Amabel Ortega Rivera  
Facundo Cázares Hernández

QE514  
.A27

Actas INAGEQ / Instituto Nacional de Geoquímica ; editores: Francisco A. Paz Moreno, María Amabel Ortega Rivera, Facundo Cázares Hernández.-- Hermosillo, Sonora : Editorial Universidad de Sonora : Editorial Universidad Nacional Autónoma de México, 2008.

-- p. : il. ; -- cm.

2008

ISBN 970-689-407-1.

Volumen especial dedicado al XVIII Congreso Nacional de Geoquímica, 6 al 10 de octubre de 2008, Hermosillo, Sonora.

Incluye bibliografía.

v. 18, No. 1, Octubre de 2008.

1. Geoquímica - Congresos - Publicaciones periódicas. I. Congreso Nacional de Geoquímica (18 : 2008 : Hermosillo, Sonora). II. Instituto Nacional de Geoquímica México. III. Paz Hernández, Francisco A., ed. IV. Ortega Rivera, María Anabel, ed. V. Cázares Hernández, Facundo, ed.

Área de Análisis Bibliográfico, Coordinación de Bibliotecas. DDA,  
Universidad de Sonora

*Volumen dedicado al XVIII CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA*

Francisco A. Paz Moreno, Ma. Amabel Ortega Rivera y Facundo Cázares Hernández

ACTAS INAGEQ

Derechos reservados para esta edición:

D.R.© 2008, Francisco A. Paz Moreno, Ma. Amabel Ortega Rivera y Facundo Cázares Hernández  
D.R.© 2008, Universidad de Sonora

Área de Publicaciones  
Universidad de Sonora  
Edificio Museo y Biblioteca  
Rosales y Blvd. Luis Encinas  
Hermosillo, Sonora  
C.P. 83000  
Teléfono y Fax (01-662) 213-35-87  
Correo electrónico:  
*editorialunison@extension.uson.mx*

Corrección de estilo y Diseño: F.A. Paz Moreno, M.A. Ortega Rivera y F. Cázares Hernández

ISBN: 970-689-407-1

Impreso en México  
*Printed in Mexico*

## **XVIII CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA**

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

Dr. Francisco Abraham Paz Moreno (Departamento de Geología-UNISON) – *Presidente*  
Dr. Edgar Santoyo Gutiérrez (CIE-UNAM) – *Secretario General*  
Dra. María Amabel Ortega Rivera (Instituto de Geología, ERNO-UNAM) – *Tesorera*

### **ORGANIZADORES**

Dr. Francisco A. Paz Moreno (*Departamento de Geología - UNISON*)  
Dra. María Amabel Ortega Rivera (*Instituto de Geología, ERNO-UNAM*)

### **MIEMBROS DEL COMITÉ ORGANIZADOR**

M.C. Saúl Herrera Urbina  
Dr. Jesús Roberto Vidal Solano  
Dr. Lucas H. Ochoa Landín

### **ASISTENTES DE ORGANIZACIÓN**

Lic. Norah O. Armenta Icedo  
Geól. Facundo Cázares Hernández  
Geól. Jesé Urrutia Bañuelos



**División de Ciencias Exactas y Naturales  
Departamento de Geología**



**Instituto de Geología  
Estación Regional Noroeste - ERNO**

---

La impresión de las Memorias del XVIII Congreso Nacional de Geoquímica, fue apoyada con recursos del Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI: 2008-2009).

---

---

**XVIII CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA**  
**INSTITUTO NACIONAL DE GEOQUÍMICA, A. C.**

---

**MESA DIRECTIVA 2006-2008**

PRESIDENTE: Dr. Francisco Abraham Paz Moreno (UNISON)  
SECRETARIO: Dr. Edgar Santoyo Gutiérrez (CIE-UNAM)  
TESORERA: Dra. Ma. Amabel Ortega Rivera (UNAM-ERNO)

**DELEGADOS REGIONALES**

Juriquilla Dr. Eduardo González Partida  
D.F. Quím. Rufino Lozano Santacruz  
Morelos M.C. Mirna Guevara  
SLP Dr. Rodolfo Rodríguez Ríos

**DELEGADOS INSTITUCIONALES**

CICESE: Dr. Bodo Weber  
CICIMAR: Dr. Evgeni Choumiline  
IMTA: Dra. Ana Hansen  
UABC: Dr. Luis Walter Daesslé H.  
UAGro. : Dr. Oscar Talavera  
IIE: Dr. Mahendra Pal Verma  
SGM: Ing. Alfredo de la Calleja  
IMP: Ing. Agustín Ruiz Violante  
UASLP: Dr. Rodolfo Rodríguez Ríos  
UNINAYAR: Dr. Carlos Alberto Romero  
UAEH: Dr. J. S. Armstrong-Altrin  
UNAM-ERNO: Dra. Ma. Amabel Ortega Rivera  
UANL: Dr. Fernando Velasco Tapia  
UNISON: Dr. Jesús Roberto Vidal Solano

**DELEGADOS POR ESPECIALIDAD**

Geoquímica Analítica: Dr. Edgar R. Santoyo Gutiérrez  
Geocronología: Dra. Ma. Amabel Ortega Rivera  
Biogeoquímica: Dr. Kinardo Flores Castro  
Hidroggeoquímica: Dr. Thomas Kretzschmar  
Mineralogía: M.C. Ma. Guadalupe Villaseñor  
Geoquímica del Petróleo: Dr. Jorge Pacheco  
Interacción fluido-roca: Dr. K. Pandarinath  
Geoquímica Ambiental: Dra. María Aurora Armienta  
Geoquímica de Exploración: Ing. Francisco Moreira Rivera  
Geoquímica de rocas sedimentarias: Dr. John S. Armstrong-Altrin  
Petrología: Dr. Oscar Talavera  
Vulcanología: Dr. Francisco A. Paz Moreno

**SECRETARIOS**

Eventos: Dr. Francisco A. Paz Moreno y Dra. Ma. Amabel Ortega Rivera  
Difusión: M.C. Mirna Guevara  
Relaciones: Dra. Diana Ma. Meza Figueroa y Dra. Catalina Alfaro de la Torre

## PROLOGO

En nombre del **Instituto Nacional de Geoquímica A.C. (INAGEQ)**, extendemos un agradecimiento a la Universidad de Sonora (UNISON), representada por su Rector Dr. Pedro Ortega Romero, por habernos recibido en sus instalaciones como sede del XVIII Congreso Nacional de Geoquímica, INAGEQ-2008. Asimismo queremos hacer patente el apoyo decidido y efectivo del Dr. Heriberto Grijalva Monteverde -Vicerrector de la Unidad Centro, Dr. Enrique Velázquez Contreras -Secretario General Académico, M.C. Miguel Ángel Moreno Núñez – Director de la División de Ciencias Exactas y Naturales y del M.C. Saúl Herrera Urbina –Jefe del Departamento de Geología, en las diferentes diligencias para llevar a bien este evento.

Este volumen de ACTAS INAGEQ No. 18, presenta 47 trabajos originales, que incluyen 4 conferencias invitadas, contenidos en 7 sesiones temáticas de diversas áreas de la Geoquímica, propuestas por académicos de alto nivel y estudiantes de licenciatura y posgrado.

Valoramos el esfuerzo y solidaridad de los conferencistas, asistentes y sus respectivas instituciones nacionales y extranjeras que suman 25, en apoyar con su participación y depositar su confianza a este congreso.

Nuestro reconocimiento a los colegas académicos y estudiantes por el apoyo logístico comprometido y eficaz, gracias al cual ha sido posible la realización de este evento

Extendemos la más cordial de las bienvenidas a los participantes de nuestro congreso anual, con el propósito de que encuentren el marco académico para dar a conocer los avances más importantes de sus investigaciones y el ambiente favorable para el intercambio de ideas y experiencias.

Hermosillo, Sonora  
Octubre de 2008



Dr. Francisco A. Paz Moreno y Dra. Ma. Amabel Ortega Rivera

*Responsables de la Organización*

---

### **XVIII CONGRESO NACIONAL DE GEOQUIMICA (INAGEQ, 2008)**

Universidad de Sonora, Auditorio del Centro de las Artes  
Del 6 al 10 de Octubre de 2008

Hermosillo, Sonora.

## ÍNDICE

<b>PROGRAMA</b>	<b>i</b>
<b>PRIMERA SESIÓN: GEOQUÍMICA ANALÍTICA .....</b>	<b>1</b>
Programas computacionales y avances en estadística para las ciencias e ingenierías: perspectivas desde el CIE-UNAM (Conferencia Invitada) <i>Surendra P. Verma</i> .....	1
Límites extremos de detección de tierras raras en carbonatos y aguas naturales por ICP-MS: evaluación de sistemas de introducción de muestra. <i>E. Lounejeva, E. Hernández-Mendiola, P. Aliaga-Campuzano y J.P. Bernal</i> .....	5
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. <i>Rufino Lozano-Santa Cruz, Jesús Roberto Vidal-Solano, Ricardo Abraham Mendoza-Córdova, Pablo Peñafior y Amabel Ortega-Rivera</i> .....	6
Análisis de elementos mayores por FRX en secciones delgadas de roca: resultados preliminares en lavas vítreas ácidas y básicas. <i>Jesús Roberto Vidal-Solano, Abraham Mendoza-Córdova y Rufino Lozano-Santa Cruz</i> .....	6
Desarrollo de un método de digestión por horno de microondas para “aceite combustible residual” y su validación por espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente utilizando el NIST-SRM-1634c. <i>Ofelia Pérez-Arvizu, Ma. Carolina Torres, Juan A. Guardado-Pérez y Alejandro Carrillo</i> .....	10
A more precise calibration of the Na/K geothermometer using a large world database of geothermal fluids and new geochemometric techniques. <i>E. Santoyo y L. Díaz-González</i> .....	11
<b>SEGUNDA SESIÓN: BIOGEOQUÍMICA Y GEOQUÍMICA AMBIENTAL .....</b>	<b>12</b>
Environmental geochemistry results from a Zn-Pb-Cu mining area in the State of Mexico. <i>Lizárraga-Mendiola, L., González-Sandoval, M. R. y Durán-Domínguez, M. C.</i> .....	12
Impacto de los lixiviados de un basurero irregular sobre la calidad del agua subterránea en el Valle de Mexicali. <i>Valdez Carrillo, M., Gómez-Puentes, F., Reyes-López, J. A. y Carreón-Díazconti, C.</i> .....	13

Minerales con potencial de neutralización en presas de jales. <i>Villaseñor Cabral, M.G., Romero, F.M., Luna Celis, L. y Morales Arredondo, I. ...</i>	13
Caracterización fisicoquímica de los jales desechados en una mina de sulfuros masivos. <i>González-Sandoval, M. R., Lizárraga-Mendiola, L., Sánchez-Tovar S.A. y Durán-Domínguez, M. C.....</i>	14
Uso de un biosorbente de bajo costo ( <i>Eleocharis acicularis</i> ) para la remoción de F <sup>-</sup> de aguas contaminadas. <i>Patricia Miretzky, Carolina Muñoz y Alejandro Carrillo-Chávez...</i>	15
<b>TERCERA SESIÓN: GEOCRONOLOGÍA Y GEOLOGÍA ISOTÓPICA.....</b>	<b>15</b>
Bólidos y la posible caída reciente de meteoritos en Sonora (Conferencia Invitada). <i>Julio Saucedo-Morales...</i>	15
Avances en la instalación del laboratorio de termogeocronología de baja temperatura mediante trazas de fisión de la ERNO-UNAM. <i>Amabel Ortega-Rivera, Thierry Calmus, Jaime Roldán-Quintana y Pablo Peñaflores-Escárcega .....</i>	16
Modelado de la evolución terciaria “Basin and Range” de la Sierra de Aconchi, Sonora, México. Utilidad del estudio termocronológico basado en <sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar y trazas de fisión en apatita. <i>Raúl E. Lugo Zazueta, Thierry Calmus, Andrew Gleado y Barry Kohn .....</i>	17
Análisis geocronológico <sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar en pómez: contribución al esclarecimiento de la edad en las ignimbritas hiperalcalinas del NW de México. <i>Alejandra Marisela Gómez-Valencia, Jesús Roberto Vidal-Solano, Margarita López Martínez .....</i>	18
Geocronología K-Ar <i>in situ</i> combinando espectrometría de masas de gases nobles y espectrometría de emisión inducida por láser. <i>Jesús Solé.....</i>	21
Estudio mineralógico, geoquímico y geocronológico de la valencianita (adularia) de Guanajuato, México. <i>Teresa Pi, Jesús Solé, Amabel Ortega-Rivera y María Guadalupe Villaseñor.....</i>	22
Geotermobarometría y geocronología del Grupo Río Fuerte, en El Fuerte, Sinaloa.	



<i>Sergio A. Salgado-Souto, Ricardo Vega-Granillo, Víctor Valencia, Joaquín Ruiz, Saúl Herrera y Oscar Talavera-Mendoza</i> .....	22
Los métodos isotópicos de Lu-Hf y U-Pb en zircones individuales: información distinta sobre la edad y el origen del Mesoproterozoico de México. <i>Bodo Weber, Eric E. Scherer y Klaus Mezger</i> .....	23
<b>CUARTA SESIÓN: HIDROGEOQUÍMICA</b> .....	<b>24</b>
Hidrogeoquímica y balance de agua de las cuencas de Atemajac y Toluquilla, Jalisco. <i>Eva Lourdes Vega-Granillo, Juan Eduardo López-Romero y Marco Antonio Ramírez-Murillo</i> .....	24
Estudio hidrogeoquímico en la Cuenca de Santiago, Baja California Sur, México. <i>Jobst Wurl, Pablo Hernández-Morales, Miguel A. Imaz-Lamadrid, Cynthia Nayeli Martínez-García</i> .....	28
Evaluación de la contaminación de agua subterránea por metales pesados provenientes de un relleno sanitario en el Valle de Mexicali, B. C. <i>Gómez-Puentes, Francisco Javier, Valdez-Carrillo, Melissa, Reyes-López, Jaime y Carreón-Díazconti, Concepción</i> .....	30
Examen del potencial de atenuación natural en un acuífero contaminado con solventes clorados utilizando análisis isotópicos en compuestos específicos. <i>Concepción Carreón-Díazconti, Johanna Santamaría y Mark Brusseau</i> .....	33
Caracterización hidrogeoquímica del acuífero Río Tecoripa, en la parte centro-este del Estado de Sonora. <i>Bennett, J., Rangel-Medina, Miguel y Hernández, P.Y</i> .....	33
Dinámica e indicadores de la calidad del agua subterránea en el Noroeste de Sinaloa. <i>Norzagaray-Campos, M. y Muñoz-Sevilla, P.</i> .....	34
<b>QUINTA SESIÓN: GEOQUÍMICA DE YACIMIENTOS MINERALES</b> .....	<b>35</b>
Geoquímica de los yacimientos de oro orogénico en Sonora (Conferencia Invitada) <i>Efrén Pérez-Segura</i> .....	35
Geoquímica de los fluidos mineralizantes en la mina La Herradura, Sonora. <i>Francisco Quintanar-Ruiz, Joaquín Ruiz, Lucas Ochoa-Landín, Christopher Eastoe, Luis Novelo-López, Víctor Valencia, Fernando Barra y Rafael Del Río-Salas</i> .....	36

Cálculo termodinámico de las presiones de emplazamiento de las rocas batolíticas, al este de Baviácora, Sonora, México. <i>Luis Gustavo Zúñiga-Hernández, Lucas Ochoa-Landín, Martín Valencia-Moreno y Joaquín Ruiz</i> .....	36
Calidad del muestreo geoquímico de superficie, desde la toma de muestra hasta su análisis en sistemas de información geográfica. <i>Héctor Mendivil-Quijada</i> .....	37
Integración de informes geoquímicos, en exploración petrolera, presentaciones geológicas y cursos interactivos. <i>Agustín Ruiz-Violante</i> .....	38
Copper isotopes systematics for the Boleo Cu-Co-Zn district in Baja California Sur, México. <i>Rafael Del Río-Salas, Joaquín Ruiz, Lucas Ochoa-Landín, R. Mathur, Fernando Barra, Luis Zúñiga Hernández y T. Albinson</i> .....	38
<b>SEXTA SESIÓN: PETROLOGÍA ÍGNEA</b> .....	<b>39</b>
Basaltos y andesitas basálticas en la región al sur de Agua Prieta, Sonora y el oeste de Janos, Chihuahua. <i>Adriana Aimée Orcí-Romero, Cesar Jacques-Ayala, Jaime Roldán-Quintana y Margarita López-Martínez</i> .....	39
Petrología y geoquímica del intrusivo y domo resurgente de la Caldera Panales: su importancia en el Estado de Hidalgo. <i>Luis Enrique Ortiz-Hernández, Santa Barrera-Guerrero e Isabel Hernández-Avelino</i> .....	39
Estudio geoquímico del plutonismo laramídico del Batolito San Hipólito, Sonora central, México. <i>Urrutia-Bañuelos, Jesé, Paz-Moreno, Francisco, Demant, Alain y Meza-Figueroa, Diana María</i> .....	42
El enjambre de diques de lamprófito del Oligoceno Tardío a Mioceno Temprano del Noroeste de México: su origen dentro de una etapa tectono-magmática transicional de la subducción a la extensión. <i>Orozco-Garza, A.J. , Dostal, J., Reynolds, P.H. y Paz-Moreno, F.A.</i> .....	43
El Derrame Ives: basalto histórico de naturaleza transicional del Campo Volcánico El Pinacate, NO de Sonora, México.	

<i>Paz-Moreno, Francisco, Gutiérrez-Anguamea, Grisel, Demant Alain y Herrera-Urbina Saúl</i> .....	44
--	----

**SÉPTIMA SESIÓN: GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS, BIOGEOQUÍMICA Y GEOQUÍMICA MARINA ..... 45**

El CO <sub>2</sub> y otros gases de invernadero: ¿confinamiento geológico o molecular? (Conferencia Invitada) <i>Álvaro Posada-Amarillas y Dora J. Borbón-González</i> .....	45
--	----

Caracterización de materia orgánica sedimentaria en formaciones jurásicas (Huayacocotla, Santiago, Tepexic y Cahuasas) de la región de Tepehuacán de Guerrero, Hidalgo (México): Implicaciones paleoambientales <i>Myrna Islas-Romero, Kinardo Flores-Castro, Richard Gibson, Martín Torres-Valencia, Catalina A. Ángeles-Cruz y Carlos Esquivel-Macías</i> .....	45
--	----

Origen y distribución de hidrocarburos alifáticos en sedimentos de las Cuencas Wagner y Consag, Golfo de California, México <i>Catalina A. Ángeles-Cruz, Rosa María Prol-Ledesma, Kinardo Flores-Castro, Carles Canet-Miquel, Paul R. Dando, Richard Gibson y Fidel Pérez-Moreno</i> .....	48
--	----

Estimación de la movilidad geoquímica de los metales en los sedimentos superficiales de la región minera de Santa Rosalía, Golfo de California Occidental <i>Evgueni Choumiline, Griselda Rodríguez-Figueroa y Vyacheslav Gordeev</i> .....	52
---	----

Concentraciones de elementos traza en la materia particulada en hundimiento y los flujos de los elementos particulados en Bahía Concepción durante los años 1996-1998 <i>María Luisa Leal-Acosta, Evgueni Choumiline y Norman Silverberg</i> .....	53
---	----

Los procesos sedimentarios recientes y la acumulación de As, Cu y Pb en el delta del Río Colorado, Baja California <i>L.W. Daesslé, K.C. Lugo-Ibarra y M. Melo-Rosales</i> .....	53
--	----

Minerales arcillosos y cristalinidad de la illita de la Formación San Felipe (NE de México) <i>García-González, E.G. y Ramírez-Fernández, J.A.</i> .....	54
---	----

Contenido de materia orgánica en los sedimentos de la Formación Agua Nueva (Cenomaniano/Turoniano) en Xilitla, San Luis Potosí y su relación con el OAE2 <i>Rojas-León, A., Blanco-Piñón, A., Maurrasse F. J-M. R. y Hernández-Avila, J</i> .....	55
---	----

Los minerales arcillosos en sedimentos como indicadores de procedencia y

paleo-monzón <i>K. Pandarinath</i> .....	58
Geología y geoquímica del depósito evaporítico de San Nicolás en el estado de Hidalgo (México) <i>Kinardo Flores-Castro, Claudia Pérez-Ángeles, Priyadarsi D. Roy, Catalina Ángeles-Cruz, Fidel Pérez-Moreno, Richard Gibson, J.S. Armstrong-Altrin y Rufino Lozano-Santa Cruz</i> .....	58
Geochemistry of clastic rocks of Mural Formation (Aptian-aAbian), Northern Sonora, Mexico <i>J. Madhavaraju, Hannes Löser y C.M. González-León</i> .....	59
ESTATUTOS DEL INSTITUTO NACIONAL DE GEOQUÍMICA, A. C. ....	60
NOTICIAS INAGEQ .....	66
DIRECTORIO DE MIEMBROS .....	71
INSTITUCIONES PARTICIPANTES .....	79
ÍNDICE POR AUTOR .....	81

---

---

XVIII CONGRESO NACIONAL DE GEOQUIMICA (INAGEQ, 2008)

Universidad de Sonora, Auditorio del Centro de las Artes

Del 6 al 10 de Octubre de 2008

Hermosillo, Sonora

# XVIII CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA

6 al 10 de Octubre de 2008

Centro de las Artes  
Universidad de Sonora

## P R O G R A M A

<b>Jueves 02 a Domingo 05</b>	8:00 a 18:00	Curso pre-congreso: “ESTADÍSTICA BÁSICA”  <b>Por: Dr. Surendra P. Verma (CIE-UNAM)</b>
---	--------------------	--

## LUNES-06

<b>Lunes 06</b>	8:30	<b>INSCRIPCIÓN</b>
	9:30	<b>INAUGURACIÓN</b>
	10:00	<i>Conferencia Invitada:</i>  PROGRAMAS COMPUTACIONALES Y AVANCES EN ESTADÍSTICA PARA LAS CIENCIAS E INGENIERÍAS: PERSPECTIVAS DESDE EL CIE-UNAM. <b>Dr. Surendra P. Verma (CIE-UNAM)</b>
	10:50	<b>Receso</b>
	<b>GEOQUÍMICA ANALÍTICA</b> <i>Moderadores: Rufino Lozano Santa Cruz y Jesús Vidal Solano</i>	
	11:00	LÍMITES EXTREMOS DE DETECCIÓN DE TIERRAS RARAS EN CARBONATOS Y AGUAS NATURALES POR ICPMS: EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE INTRODUCCIÓN DE MUESTRA <b>E. Lounejeva, E. Hernández-Mendiola, P. Aliaga-Campuzano y J.P. Bernal</b>

11:30	<p>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</p> <p><i>Rufino Lozano-Santa Cruz, Jesús Roberto Vidal-Solano, Ricardo Abraham Mendoza-Cordova, Pablo Peñaflores-Escárcega y Amabel Ortega-Rivera.</i></p>
12:00	<p>ANÁLISIS DE ELEMENTOS MAYORES POR FRX EN SECCIONES DELGADAS DE ROCA: RESULTADOS PRELIMINARES EN LAVAS VÍTREAS ÁCIDAS Y BÁSICAS</p> <p><i>Jesús Roberto Vidal-Solano, Ricardo Abraham Mendoza-Cordova y Rufino Lozano-Santa Cruz</i></p>
12:30	<p>DESARROLLO DE UN MÉTODO DE DIGESTIÓN POR HORNO DE MICROONDAS PARA “ACEITE COMBUSTIBLE RESIDUAL” Y SU VALIDACIÓN POR ESPECTROMETRÍA DE MASAS CON PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE UTILIZANDO EL NIST-SRM-1634c</p> <p><i>Ofelia Pérez-Arvizu, Ma. Carolina Muñoz-Torres, Juan A. Guardado-Pérez y Alejandro Carrillo</i></p>
13:00	<p>A MORE PRECISE CALIBRATION OF THE Na/K GEOTHERMOMETER USING A LARGE WORLD DATABASE OF GEOTHERMAL FLUIDS AND NEW GEOCHEMOMETRIC TECHNIQUES</p> <p><i>Edgar Santoyo y L. Díaz-González</i></p>
13:30	<p><i>ε α ε α ε α ε α ε</i> <b>COMIDA</b> <i>ε α ε α ε α ε α ε</i></p>
<p><b>BIOGEOQUÍMICA Y GEOQUÍMICA AMBIENTAL</b></p> <p><i>Moderadores: Diana Meza Figueroa y Edgar Santoyo</i></p>	
16:00	<p>ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY RESULTS FROM A Zn-Pb-Cu MINING AREA IN THE STATE OF MEXICO</p> <p><i>L. Lizárraga-Mendiola, M. R. González-Sandoval y M. C. Durán-Domínguez</i></p>
16:30	<p>IMPACTO DE LOS LIXIVIADOS DE UN BASURERO IRREGULAR SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL VALLE DE MEXICALI</p> <p><i>Melissa Valdéz-Carrillo, F. Gómez-Puentes, J. A. Reyes-López y C. Carreón-Díazconti</i></p>
17:00	<p>MINERALES CON POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN EN PRESAS DE JALES.</p> <p><i>M.G. Villaseñor-Cabral, F.M. Romero, L. Luna-Celis y I. Morales-Arredond.</i></p>
17:30	<p>CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS JALES DESECHADOS EN UNA MINA DE SULFUROS MASIVOS</p> <p><i>M. R. González-Sandoval, L. Lizárraga-Mendiola, S.A. Sánchez-Tovar y M.C. Durán-Domínguez</i></p>
18:00	<p>USO DE UN BIOSORBENTE DE BAJO COSTO (<i>Eleocharis acicularis</i>) PARA LA REMOCIÓN DE F DE AGUAS CONTAMINADAS</p> <p><i>Patricia Miretzky, Ma. Carolina Muñoz-Torres y Alejandro Carrillo-Chávez</i></p>
19:00	<p><b>BIENVENIDA AL EVENTO</b>  <b>En los Jardines de Rectoría, UNISON</b></p>

# MARTES-07

<b>Martes 07</b>	9:00	<u>Conferencia Invitada:</u>  BÓLIDOS Y LA POSIBLE CAÍDA RECIENTE DE METEORITOS EN SONORA <i>Dr. Julio Saucedo Morales ( DIFUS-UNISON)</i>
	<b>GEOCRONOLOGÍA Y GEOLOGÍA DE ISÓTOPOS</b> <i>Moderadores: Amabel Ortega Rivera y Jesús Solé</i>	
	9:50	AVANCES EN LA INSTALACIÓN DEL LABORATORIO DE TERMOGEOCRONOLOGÍA DE BAJA TEMPERATURA MEDIANTE TRAZAS DE FISIÓN DE LA ERNO-UNAM <i>Amabel Ortega-Rivera, Thierry Calmus, Jaime Roldán-Quintana y Pablo Peñaflor-Escárcega</i>
	10:20	MODELADO DE LA EVOLUCIÓN Terciaria “BASIN AND RANGE” DE LA SIERRA DE ACONCHI, SONORA, MÉXICO. UTILIDAD DEL ESTUDIO TERMOCRONOLÓGICO BASADO EN $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Y TRAZAS DE FISIÓN EN APATITA <i>Raul E. Lugo-Zazueta, Thierry Calmus, Andrew Gleadow y Barry Kohn</i>
	10:50	ANÁLISIS GEOCRONOLÓGICO $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ EN PÓMEZ: CONTRIBUCIÓN AL ESCLARECIMIENTO DE LA EDAD EN LAS IGNIMBRITAS HIPERALCALINAS DEL NW DE MÉXICO. <i>Alejandra Marisela Gómez-Valencia, Jesús Roberto Vidal-Solano y Margarita López-Martínez</i>
	11:20	<b>Receso</b>
	11:30	GEOCRONOLOGÍA K-Ar <i>IN SITU</i> COMBINANDO ESPECTROMETRÍA DE MASAS DE GASES NOBLES Y ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN INDUCIDA POR LÁSER. <i>Jesús Solé</i>
	12:00	ESTUDIO MINERALÓGICO, GEOQUÍMICO Y GEOCRONOLÓGICO DE LA VALENCIANITA (ADULARIA) DE GUANAJUATO, MÉXICO <i>Teresa Pi, Jesús Solé, Amabel Ortega-Rivera y María Guadalupe-Villaseñor</i>
	12:30	GEOTERMÓMETRÍA Y GEOCRONOLOGÍA DEL GRUPO RÍO FUERTE, EN EL FUERTE SINALOA. <i>Sergio A. Salgado-Souto, Ricardo Vega-Granillo, Víctor Valencia, Joaquín Ruiz, Saúl Herrera-Urbina y Oscar Talavera-Mendoza</i>
	13:00	LOS MÉTODOS ISOTÓPICOS DE Lu-Hf y U-Pb EN ZIRCONES INDIVIDUALES: INFORMACIÓN DISTINTA SOBRE LA EDAD Y EL ORIGEN DEL MESO-PROTEROZOICO DE MÉXICO. <i>Bodo Weber, Eric E. Scherer y Klaus Mezger</i>
13:30	$\varepsilon \alpha \varepsilon \alpha \varepsilon \alpha \varepsilon \alpha \varepsilon$ <b>COMIDA</b> $\varepsilon \alpha \varepsilon \alpha \varepsilon \alpha \varepsilon \alpha \varepsilon$	
<b>HIDROGEOQUÍMICA</b> <i>Moderadores: Eva Lourdes Vega-Granillo y Concepción Carreón- Diazconti</i>		

	16:00	HIDROGEOQUÍMICA Y BALANCE DE AGUA DE LAS CUENCAS DE ATEMAJAC Y TOLUQUILLA, JALISCO <i>Eva Lourdes Vega-Granillo, Juan Eduardo López-Romero y Marco Antonio Ramírez-Murillo</i>
	16:30	ESTUDIO HIDROGEOQUÍMICO EN LA CUENCA DE SANTIAGO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO <i>Jobst Wurl, Pablo Hernández-Morales, Miguel A. Imaz-Lamadrid y Cynthia Nayeli Martínez-García</i>
	17:00	EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA POR METALES PESADOS PROVENIENTES DE UN RELLENO SANITARIO EN EL VALLE DE MEXICALI, B. C. <i>Francisco Javier Gómez-Puentes, Melissa Valdéz-Carrillo, Jaime Reyes-López y Concepción Carreón-Diazconti</i>
	17:30	EXAMEN DEL POTENCIAL DE ATENUACIÓN NATURAL EN UN ACUÍFERO CONTAMINADO CON SOLVENTES CLORADOS UTILIZANDO ANÁLISIS ISOTÓPICOS EN COMPUESTOS ESPECÍFICOS <i>Concepción Carreón-Diazconti, Johanna Santamaría y Mark Brusseau</i>
	18:00	CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DEL ACUÍFERO RÍO TECORIPA, EN LA PARTE CENTR-OESTE DEL ESTADO DE SONORA. <i>Julian Bennett., M. Rangel-Medina y P.Y. Hernández</i>
	18:30	DINÁMICA E INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL NOROESTE DE SINALOA. <i>Mariano Norzagaray-Campos y P. Muñoz-Sevilla</i>
<b>Por la tarde, las personas interesadas podrían participar en los recorridos turísticos por Hermosillo</b>		

<b>MIÉRCOLES-08</b>		
<b>Miércoles 08</b>	9:00	<u>Conferencia Invitada:</u>  GEOQUÍMICA DE LOS YACIMIENTOS DE ORO EN SONORA <i>Dr. Efrén Pérez Segura (Depto. de Geología-UNISON)</i>
	<b>YACIMIENTOS MINERALES</b> <i>Moderadores: Lucas Ochoa-Landín y Rafael Del Río-Salas</i>	
	9:50	GEOQUÍMICA DE LOS FLUIDOS MINERALIZANTES EN LA MINA LA HERRADURA, SONORA. <i>Francisco Quintanar-Ruiz, Joaquín Ruiz, Lucas Ochoa-Landín, Christopher Eastoe, Luis Novelo-López, Víctor Valencia, Fernando Barra; Rafael Del Río-Salas</i>



10:20	<p>CÁLCULO TERMODINÁMICO DE LAS PRESIONES DE EMPLAZAMIENTO DE LAS ROCAS BATOLÍTICAS, AL OESTE DE BAVIÁCORA, SONORA, MÉXICO</p> <p><i>Luis Gustavo Zúñiga-Hernández, Lucas Ochoa-Landín, Martín Valencia-Moreno y Joaquín Ruíz</i></p>
10:50	<p>CALIDAD DEL MUESTREO GEOQUÍMICO DE SUPERFICIE, DESDE LA TOMA DE MUESTRA HASTA SU ANÁLISIS EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.</p> <p><i>Héctor Mendivil-Quijada</i></p>
11:20	<p>INTEGRACION DE INFORMES GEOQUÍMICOS, EN EXPLORACIÓN PETROLERA, PRESENTACIONES GEOLÓGICAS Y CURSOS INTERACTIVOS.</p> <p><i>Agustín Ruiz-Violante</i></p>
11:50	<p>COPPER ISOTOPES SYSTEMATICS FOR THE BOLÉO CU-CO-ZN DISTRICT IN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO</p> <p><i>Rafael Del Río-Salas, J. Ruiz, L. Ochoa-Landín, R. Mathur, F. Barra, L. Zuñiga-Hernandez, T. Albinson</i></p>
12:20	<i>Receso</i>
12:30	<b>A S A M B L E A   A N U A L   I N A G E Q</b>
14:00	<i>ε α ε α ε α ε α ε   COMIDA   ε α ε α ε α ε α ε</i>
<p><b>PETROLOGÍA IGNEA</b></p> <p><i>Moderadores: Francisco A. Paz Moreno y Saul Herrera Urbina</i></p>	
16:00	<p>BASALTOS Y ANDESITAS BASÁLTICAS EN LA REGIÓN AL SUR DE AGUA PRIETA, SONORA Y EL OESTE DE JANOS, CHIHUAHUA.</p> <p><i>Adriana Aimée Orcí-R., Cesar Jacques-Ayala, Jaime Roldán-Quintana y Margarita López-Martínez</i></p>
16:30	<p>PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA DEL INTRUSIVO Y DOMO RESURGENTE DE LA CALDERA PANALES: SU IMPORTANCIA EN EL ESTADO DE HIDALGO.</p> <p><i>Luis Enrique Ortiz-Hernández, Santa Barrera-Guerrero y Isabel Hernández-Avelino</i></p>
17:00	<p>ESTUDIO GEOQUÍMICO DEL PLUTONISMO LARAMÍDICO DEL BATOLITO SAN HIPÓLITO, SONORA CENTRAL, MÉXICO</p> <p><i>Jesé Urrutia-Bañuelos, Francisco A. Paz-Moreno, Alain Demant y Diana Meza-Figueroa</i></p>
17:30	<p>EL ENJAMBRE DE DIQUES DE LAMPRÓFIDO DEL OLIGOCENO TARDÍO A MIOCENO TEMPRANO DEL NOROESTE DE MÉXICO: SU ORIGEN DENTRO DE UNA ETAPA TECTONO-MAGMÁTICA TRANSICIONAL DE LA SUBDUCCIÓN A LA EXTENSIÓN.</p> <p><i>A.J. Orozco-Garza, J. Dostal, P.H. Reynolds y F.A. Paz-Moreno</i></p>
18:00	<p>EL DERRAME IVES: BASALTO HISTÓRICO DE NATURALEZA TRANSICIONAL DEL CAMPO VOLCÁNICO EL PINACATE, NO SONORA, MÉXICO</p> <p><i>Francisco A. Paz-Moreno, Grisel A. Gutiérrez-Anguamea, Alain Demant y Saúl Herrera-Urbina</i></p>

## JUEVES-09

<b>Jueves 09</b>	9:00	<p><b><u>Conferencia Invitada:</u></b></p> <p>EL CO<sub>2</sub> Y OTROS GASES DE INVERNADERO: ¿CONFINAMIENTO GEOLÓGICO O MOLECULAR?</p> <p style="text-align: center;"><i>Dr. Alvaro Pasada Amarillas y Dra. Dora J. Borbón González</i> (DIFUS-UNISON) (Matemáticas-UNISON)</p>
	<p><b>GEOQUIMICA DE SEDIMENTOS, BIOGEOQUÍMICA, GEOQUÍMICA MARINA I</b></p> <p>Moderadores: Evgueni Choumiline y L.W. Daesslé</p>	
	9:50	<p>CARACTERIZACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA SEDIMENTARIA EN FORMACIONES JURÁSICAS (HUAYACOCOTLA, SANTIAGO, TEPEXIC Y CAHUASAS) DE LA REGIÓN DE TEPEHUACÁN DE GUERRERO, HIDALGO (MÉXICO): IMPLICACIONES PALEOAMBIENTALES</p> <p><i>Myrna Islas-Romero, Kinardo Flores-Castro, Richard Gibson, Martín Torres-Valencia, Catalina A. Angeles-Cruz y Carlos Esquivel-Macias</i></p>
	10:20	<p>ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS EN SEDIMENTOS DE LAS CUENCAS WAGNER Y CONSAG, GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO.</p> <p><i>Catalina A. Angeles-Cruz, Rosa María Prol- Ledesma, Kinardo Flores-Castro, Carles Canet Miquel, Paul R. Dando, Richard Gibson y Fidel Pérez-Moreno.</i></p>
	10:50	<p>ESTIMACIÓN DE LA MOVILIDAD GEOQUÍMICA DE LOS METALES EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA REGIÓN MINERA DE SANTA ROSALÍA, GOLFO DE CALIFORNIA OCCIDENTAL</p> <p><i>Evgueni Choumiline, Griselda Rodríguez-Figueroa y Vyacheslav Gordeev</i></p>
	11:20	<p>CONCENTRACIONES DE ELEMENTOS TRAZA EN EL MATERIA PARTICULADA EN HUNDIMIENTO Y LOS FLUJOS DE LOS ELEMENTOS PARTICULADOS EN BAHÍA CONCEPCIÓN DURANTE LOS AÑOS 1996-1998</p> <p><i>María Luisa Leal-Acosta, Evgueni Choumiline y Norman Silverberg</i></p>
	11:50	<p>LOS PROCESOS SEDIMENTARIOS RECIENTES Y LA ACUMULACIÓN DE As, Cu Y Pb EN EL DELTA DEL RÍO COLORADO, BAJA CALIFORNIA.</p> <p><i>L.W. Daesslé, K.C. Lugo-Ibarra y M. Melo-Rosales</i></p>
	12:20	<p><b>Receso</b></p>
	<p><b>GEOQUIMICA DE SEDIMENTOS, BIOGEOQUÍMICA, GEOQUÍMICA MARINA II</b></p> <p>Moderadores: Kinardo Flores Castro y Juan Carlos García Barragán</p>	
	12:40	<p>MINERALES ARCILLOSOS Y CRISTALINIDAD DE LA ILLITA DE LA FORMACIÓN SAN FELIPE (NE DE MÉXICO)</p> <p><i>E.G. García-González y J.A. Ramírez-Fernández.</i></p>

	13:10	CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN LOS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN AGUA NUEVA (CENOMANIANO/TURONIANO) EN XILITLA, SAN LUIS POTOSÍ Y SU RELACIÓN CON EL OAE2. <i>A. Rojas-León, A. Blanco-Piñón, F. J-M. R Maurrasse. y J. Hernández-Avila</i>
	13:40	LOS MINERALES ARCILLOSOS EN SEDIMENTOS COMO INDICADORES DE PROCEDENCIA Y PALEO-MONZÓN <i>K. Pandarinath</i>
	14:10	GEOLOGÍA Y GEOQUÍMICA DEL DEPÓSITO EVAPORÍTICO DE SAN NICOLÁS EN EL ESTADO DE HIDALGO (MÉXICO) <i>Kinardo Flores-Castro, Claudia Pérez-Ángeles, Priyadarsi D. Roy, Catalina Angeles-Cruz, Fidel Pérez-Moreno, Richard Gibson, J.S. Armstrong-Altrin y Rufino Lozano-Santa Cruz</i>
	14:40	GEOCHEMISTRY OF CLASTIC ROCKS OF MURAL FORMATION (APTIAN-ALBIAN), NORTHERN SONORA, MEXICO <i>J.Madhavaraju, Hannes Löser y C.M. González-León</i>
	15:10	<b>CLAU S U R A</b>

**Se invita a los miembros del INAGEQ al convivio de clausura, en los patios del Departamento de Geología, Campus Unison**

## VIERNES-10

<b>Viernes</b> <b>10</b> salida (8 A.M.)  <b>Sábado</b> <b>11</b> regreso (9-10 P.M.)	<p><b>Excursión geológico-turística a la Reserva de la Biósfera de EL PINACATE y GRAN DESIERTO DE ALTAR (1000 Km de viaje redondo)</b></p> <p><b>&gt;&gt;&gt; Favor de expresar su interés de participar en esta visita &lt;&lt;&lt;</b></p>
---	--

**LUNES 06 – PRIMERA SESIÓN: GEOQUÍMICA ANALÍTICA****CONFERENCIA INVITADA****PROGRAMAS COMPUTACIONALES Y AVANCES EN ESTADÍSTICA PARA LAS CIENCIAS E INGENIERÍAS: PERSPECTIVAS DESDE EL CIE-UNAM.**

Surendra P. Verma

[spv@cie.unam.mx](mailto:spv@cie.unam.mx)

*Centro de Investigación en Energía (CIE), Universidad Nacional Autónoma de México, Priv. Xochicalco s/no., Col. Centro, Temixco, Mor. 62580, México.*

El objetivo es informar a la comunidad académica sobre los avances en Computación y Estadística logrados en la Coordinación de Geoenergía, desde su creación en febrero de 1995, en el Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Para el manejo de datos experimentales, se han publicado (o se encuentran en vía de publicación) los programas computacionales SINCLAS, SIMOCF, DC\_BASE, TCHEMSYS, SolGeo, SIPVADE, UDASYS y OYNYL, así como las metodologías estadísticas de los diagramas de discriminación, el método de valores desviados para datos univariados, la simulación de nuevos valores críticos para las pruebas de discordancia y las de significancia y la regresión ponderada para las calibraciones. Cabe enfatizar que muchos de estos avances son aplicables no sólo a las Ciencias de la Tierra sino a todas las Ciencias e Ingenierías. Con el fin de mantener a este escrito dentro de los límites de seis páginas, resumo a continuación los resultados más sobresalientes desde el punto de vista de su utilidad en Ciencias e Ingenierías.

**Programas y Avances Específicos para las Geociencias**

**SINCLAS** (*Standard Igneous Norm and volcanic rock CLAssification System*): sin duda es uno de los programas favoritos para el manejo de datos geoquímicos de rocas volcánicas y ha sido ampliamente usado desde su publicación (Verma et al., 2002). El programa se basa en un procedimiento estandarizado para el cálculo de la norma CIPW, detallado por Verma et al. (2003), y toma en cuenta las recomendaciones de la Subcomisión de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (*IUGS*)

publicadas, en particular, por Le Bas et al. (1986) y Le Bas (2000). Como una novedad, SINCLAS nos permite el ajuste de los dos estados de oxidación del Fe (FeO y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) por dos métodos diferentes (Middlemost, 1989 y Le Maitre, 1976), además accede al uso directo de los valores de concentración medidos de FeO y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> puesto que se disponga de esta información para todas las muestras bajo estudio.

**SIMOCF** (**SI**stema de **MO**delado para la **C**ristalización **F**racccionada): Este programa (Verma et al., 1998a) es útil para probar si la cristalización fraccionada (CF) es un proceso viable para una serie de rocas volcánicas de un determinado edificio volcánico o un conjunto de edificios, o para una serie de magmas previstos para evaluar la CF. El algoritmo está basado en el método de mínimos cuadrados e incorpora la metodología tipo Monte Carlo para la generación de proporciones másicas de minerales involucrados en una determinada solución.

**DC\_BASE** (*dataBASE system to manage Nernst Distribution Coefficients*): Este programa (Torres-Alvarado et al., 2003) permite emplear una base de datos de los coeficientes de partición o distribución ya programados dentro del sistema con la finalidad de evaluar los procesos magmáticos, en particular, el de la fusión parcial. Una de las estudiantes participantes (O. Y. González-Castillo) obtuvo el Premio INAGEQ en 1997. Aunque el DC\_BASE ha sido útil para los propósitos planteados, su estructura modular permitirá, en un futuro, la incorporación de este programa en un sistema más completo para el modelado petrológico.

**TCHEMSYS** (*Thermal and CHEMical modeling of a volcanic-geothermal SYStem*): Este programa (Verma and Andaverde, 2007; J. Andaverde fue ganador del Premio INAGEQ en dos ocasiones – 2001 y 2006) en 3-D para la formulación y simulación de un modelo integral “cámara magmática-yacimiento” de un campo geotérmico, ha sido aplicado a Los Humeros, Puebla, México y permite, como una novedad, la integración de aspectos térmicos y químicos.

**SolGeo** (*Solute Geothermometers*): Este programa (Verma et al., 2008a) para estimar las temperaturas mediante 35 ecuaciones

geotermométricas, permitirá eliminar los errores muy frecuentes encontrados en la literatura en el uso de los geotermómetros. Por lo tanto, los costos de la exploración y explotación de recursos geotérmicos probablemente se verán reducidos. Así mismo, el SolGeo se podría usar en otras áreas de las Geociencias (por ejemplo, recursos minerales, aguas subterráneas profundas, metamorfismo y magmatismo intrusivo).

**Diagramas de Discriminación Tectono-magmática:** El interés por esta línea de investigación (Verma, 1996) data casi al inicio de la Coordinación de Geoenergía en el CIE-UNAM y los resultados documentados en varias publicaciones (Rodríguez-G. et al., 1996; Vasconcelos-F. et al., 1996, 1998, 2001; Verma, 2000) comprueban una destacada participación de los estudiantes de licenciatura J. M. Vasconcelos-Fernández, J. F. Rodríguez-García y R. C. Vargas-Bellesteros. Todos ellos fueron ganadores del Premio INAGEQ durante 1996 y 1998. Una nueva etapa en esta línea consistió en la colaboración con un experto, el Dr. Salil Agrawal. El trabajo conjunto ha resultado sumamente fructífero, con una serie de artículos ya publicados en revistas internacionales (Agrawal et al., 2004; Verma et al., 2006a; Agrawal y Verma, 2007) y con otros en proceso. En los trabajos recientes (de 2006 a la fecha) se resalta el manejo estadísticamente correcto de datos composicionales (Aitchison, 1986).

### **Programas y Avances para todas las Ciencias e Ingenierías**

**SIPVADE (Sistema de Pruebas estadísticas para detección de VALORES DESVIADOS):** Con el fin de poner en práctica la propuesta (Verma, 1997, 1998) de aplicar las pruebas de discordancia (Barnett y Lewis, 1994) a las bases de datos geoquímicos inter-laboratorios de materiales de referencia, el programa SIPVADE (Verma et al., 1998b) fue escrito y aplicado a diversas bases de datos inter-laboratorios (por ejemplo, Guevara et al., 2001; Velasco-Tapia et al., 2001). Cabe mencionar que F. Velasco-Tapia fue ganador del Premio INAGEQ en 1999.

**UDASYS (Univariate Data Analysis SYSTEM):** Debido a las limitaciones serias en los valores críticos (ver, por ejemplo, Velasco y Verma, 1998; Velasco et al., 2000; Verma, 2005) y en el sistema SIPVADE, fue necesario (i) simular nuevos valores críticos más precisos y exactos para un gran

número (33 variantes) de pruebas de discordancia (Verma y Quiroz-Ruiz, 2006a, 2006b, 2008; Verma et al., 2008b); y (ii) escribir código de un nuevo software UDASYS (S.P. Verma y L. Díaz-González, manuscrito en preparación, 2008). Casi está lista la primera versión de UDASYS considerada indispensable para el manejo (estadísticamente correcto) de datos experimentales (univariados). Un aspecto importante para la aplicación generalizada de estas pruebas de discordancia para datos univariados es que la metodología se puede aplicar a los residuales en los ajustes para datos bivariados, multivariados, y de series en el tiempo. Se abre, por ende, la posibilidad de aplicaciones novedosas en la estadística de datos experimentales.

**OYNYL (Ordinary, York, and New York least-squares Linear regressions):** Este programa (Verma et al., 2006b) proporciona los dos tipos principales de regresión lineal (ordinaria y ponderada), contando con dos algoritmos diferentes para la regresión ponderada (llamada “York” y “New York” por Mahon, 1996). Tiene la novedad de contar con un módulo para la aplicación de pruebas de discordancia para regresiones lineales (Barnett y Lewis, 1994).

**Nuevos Valores Críticos Interpolados para las Pruebas de Significancia:** Las pruebas t de Student, F o Relación-F de Fisher, ANOVA (simple), ANOVA para la evaluación del ajuste, y ANOVA de dos vías (ver mayores detalles en los libros de Anderson, 1987; Ebdon, 1988; Otto, 1999; Jensen *et al.*, 2000; Miller and Miller, 2000; Bevington and Robinson, 2003; Verma, 2005; Walker and Maddan, 2005), son tan ampliamente usadas que se queda casi en el olvido que todas ellas requieren la disponibilidad de valores críticos exactos y precisos. El examen de las tablas correspondientes evidencia la limitación para muchos casos prácticos de aplicación. Se ha documentado un procedimiento novedoso basado en la transformación logarítmica-natural para la interpolación de valores críticos con el fin de obtener nuevos valores no-tabulados. En este contexto, Verma (2008) hace la “propuesta del siglo veintiuno” que, en vez de usar las tablas de valores críticos, se programen ecuaciones de valores críticos. Esta propuesta tiene una gran ventaja en la era moderna de computación.

**Regresión Ponderada para las Calibraciones:** Se ha practicado la novedosa metodología de regresión ponderada para llevar a cabo calibración de equipos (Verma, 2005 y refs. allí citadas).

**Los futuros trabajos** incluirán el mejoramiento de programas ya existentes como el UDASYS y el TCHEMSYS y la escritura de otros nuevos como uno para la clasificación de todo tipo de rocas ígneas. Por otra parte, su procurará proponer nuevas metodologías estadísticas para las pruebas de discordancia, además de simular nuevos valores críticos mucho más precisos y exactos para las pruebas de significancia. La evaluación de las eficiencias y probabilidades definirán con una mayor precisión la factibilidad de proponer nuevas metodologías estadísticas.

#### Referencias citadas:

- Agrawal, S., Verma, S. P. (2007) Comment on "Tectonic classification of basalts with classification trees" by Pieter Vermeesch (2006). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71 (13): 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 (7): 575-594.
- Aitchison, J. (1986) The Statistical Analysis of Compositional Data. *Chapman and Hall*, London, 416 pp.
- Anderson, R. L. (1987) Practical Statistics for Analytical Chemists. *Van Nostrand Reinhold*, New York, 316 pp.
- Barnett, V., Lewis, T., 1994. Outliers in Statistical Data. Third edition, *John Wiley & Sons*, Chichester, 584 pp.
- Bevington, P. R., Robinson, D. K. (2003) Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences. Third edition, *McGraw-Hill*, Boston, MA, USA, 320 pp.
- Ebdon, D. (1988) Statistics in Geography. Second edition, *Basic Blackwell*, Oxford, 232 pp.
- Guevara, M., Verma, S. P., Velasco-Tapia, F. (2001) Evaluation of GSJ intrusive rocks JG1, JG2, JG3, JG1a, and JG1b by an objective outlier rejection statistical procedure. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 18 (1): 74-88.
- Jensen, J. L., Lake, L. W., Corbett, P. W. N., Goggin, D. J. (2000) Statistics for Petroleum Engineers and Geoscientists. Second edition, *Elsevier*, Amsterdam, The Netherlands, 338 pp.
- Le Bas, M. J. (2000) IUGS reclassification of the high-Mg and picritic volcanic rocks. *Journal of Petrology*, 41(10): 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 (3): 745-750.
- Le Maitre, R. W. (1976) Some problems of the projection of chemical data into mineralogical classifications. *Contributions of Mineralogy and Petrology*, 56 (1): 181-189.
- Mahon, K. L. (1996) The New "York" regression: application of an improved statistical method to geochemistry. *International Geology Review*, 38 (1): 293-303.
- Middlemost, E. A. K. (1989) Iron oxidation ratios, norms and the classification of volcanic rocks. *Chemical Geology*, 77(1): 19-26.
- Miller, J. N., Miller, J. C. (2000) Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. Fourth edition, *Pearson Education Ltd.*, Prentice Hall, Reading, UK, 271 pp.
- Otto, M. (1999) Chemometrics. Statistics and Computer Application in Analytical Chemistry. *Wiley-VCH*, Weinheim, 314 pp.
- Rodríguez-G., J. F., Verma, S. P. y Vasconcelos-F., M. (1996) Basaltos normativos en hiperstena: Nuevos diagramas de discriminación para los ambientes de arcos, rifts, e islas oceánicas. *Actas INAGEQ*, 2 (1): 33-38.
- Torres-Alvarado, I. S., Verma, S. P., Palacios-Berruete, H., Guevara-García, M., González-Castillo, O. Y. (2003) DC\_BASE: a database system to manage Nernst distribution coefficients and its application for partial melting modeling. *Computers and Geosciences*, 29 (9): 1191-1198.
- Vasconcelos-F., M., Verma, S. P., Rodríguez-G., J. F. (1996) Basaltos normativos en nefelina: Nuevos diagramas de discriminación para los ambientes de arcos, rifts, e islas oceánicas. *Actas INAGEQ*, 2 (1): 27-32.
- Vasconcelos-F., M., Verma, S. P., Rodríguez-G., J. F. (1998) Discriminación tectónica: nuevo diagrama Nb - Ba para arcos continentales, arcos insulares, rift e islas oceánicas. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 21 (1): 129-146.

- Vasconcelos-F., M., Verma, S. P., Vargas-B., R. C. (2001) Diagrama Ti-V: una nueva propuesta de discriminación para magmas máficos en cinco ambientes tectónicos. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 18 (2): 162-174 (electronic supplement 18-2-01 <http://satori.geociencias.unam.mx>).
- Velasco, F., Verma, S. P. (1998) Importance of skewness and kurtosis statistical tests for outlier detection and elimination in evaluation of Geochemical Reference Materials. *Mathematical Geology*, 30 (1): 109-128.
- Velasco, F., Verma, S. P., Guevara, M. (2000) Comparison of the performance of fourteen statistical tests for detection of outlying values in geochemical reference material databases. *Mathematical Geology*, 32 (4): 439-464.
- Velasco-Tapia, F., Guevara, M., Verma, S. P. (2001) Evaluation of concentration data in Geochemical reference materials. *Chemie der Erde*, 61 (2), 69-91.
- Verma S. P. (1996) Uso y abuso de los diagramas de discriminación. *Actas INAGEQ*, 2 (1): 17-22.
- Verma, S. P. (1997) Sixteen statistical tests for outlier detection and rejection in evaluation of International Geochemical Reference Materials: Example of microgabbro PM-S. *Geostandards Newsletter: The Journal of Geostandards and Geoanalysis*, 21 (1): 59-75.
- Verma, S. P. (1998) Improved concentration data in two international geochemical reference materials (USGS basalt BIR-1 and GSJ peridotite JP-1) by outlier rejection. *Geofísica Internacional*, 37 (3): 215-250.
- Verma, S. P. (2000) Geochemistry of the subducting Cocos plate and the origin of subduction-unrelated mafic magmas at the volcanic front of the central part of the Mexican Volcanic Belt. *Geological Society of America Special Paper on Cenozoic Tectonics and Volcanism of Mexico*, No. 334, Chapter 13, 195-222.
- Verma, S. P. (2005) Estadística Básica para el Manejo de Datos Experimentales: Aplicación a la Geoquímica (Geoquimiometría). *Universidad Nacional Autónoma de México*, México, D.F., 186 pp.
- Verma, S. P. (2008) Evaluation of regression models for the Student t and Fisher F critical values, the best interpolation equations for degrees of freedom up to 1000, and their applications to quality control in science and engineering. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* (enviado).
- Verma, S. P., Andaverde, J. (2007) Coupling of thermal and chemical simulations in a 3-D integrated magma chamber-reservoir model: A new geothermal energy research frontier. In: Ueckermann, H.I. (Ed.) *Geothermal Energy Research Trends, Nova Science Publishers*, New York, USA, Chapter 7, pp. 149-188.
- 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 (2): 133-161 (<http://satori.geociencias.unam.mx>).
- 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 (3): 302-319, electronic supplement 23-3-01 <http://satori.geociencias.unam.mx>.
- 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. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 25, (in press), electronic supplement <http://satori.geociencias.unam.mx>.
- Verma, S. P., Ciriaco-Villanueva, R., Torres-Alvarado, I. S. (1998a) SIMOCF: modeling fractional crystallization using a Monte Carlo approach. *Computers & Geosciences*, 24 (10): 1011-1017.
- Verma, S. P., Orduña-Galván, L. J., Guevara, M. (1998b) SIPVADE: A new computer program with seventeen statistical tests for outlier detection and rejection in evaluation of International Geochemical Reference Materials and its application to Whin Sill dolerite WS-E from England and Soil-5 from Peru. *Geostandards Newsletter: The Journal of Geostandards and Geoanalysis*, 22 (2): 209-234.
- Verma, S. P., Torres-Alvarado, I. S., Sotelo-Rodríguez, Z. T. (2002) SINCLAS: Standard igneous norm and volcanic rock classification system. *Computers & Geosciences*, 28 (5): 711-715.
- Verma, S. P., Torres-Alvarado, I. S., Velasco-Tapia, F. (2003) A revised CIPW norm. *Schweizerische Mineralogische Und Petrographische Mitteilungen*, 83 (2): 197-216.

- Verma, S. P., Guevara, M., Agrawal, S. (2006a) 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 (5): 485-528.
- Verma, S. P., Díaz-González, L., Sánchez-Upton, P., Santoyo, E. (2006b) OYNYL: A new computer program for ordinary, York, and New York least-squares linear regressions. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 2 (8), 997-1002, ISSN 1790-5079 <http://www.wseas.org>.
- Verma, S. P., Pandarinath, K., Santoyo, E. (2008a) SolGeo: A new computer program for solute geothermometers and its application to Mexican geothermal fields. *Geothermics* (in press).
- Verma, S. P., Quiroz-Ruiz, A., Díaz-González, L. (2008b) 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 (1): 82-96, electronic supplement 25-1-01 <http://satori.geociencias.unam.mx>.
- Walker, J. T., Maddan, S. (2005) Statistics in Criminology and Criminal Justice. Analysis and Interpretation. Second edition, *Jones and Bartlett Publishers*, Sudbury, Mass., USA, 427 pp.

**LÍMITES EXTREMOS DE DETECCIÓN DE TIERRAS RARAS EN CARBONATOS Y AGUAS NATURALES POR ICP-MS: EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE INTRODUCCIÓN DE MUESTRA.**

E. Lounejeva, E. Hernández-Mendiola, P. Aliaga-Campuzano y J.P. Bernal.  
[elenal@servidor.unam.mx](mailto:elenal@servidor.unam.mx)

*Departamento de Geoquímica, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, D.F., C.P. 04510,*

Las tierras raras (TR), el grupo trazador petrogenético por excelencia en rocas ígneas, durante su siglo geológico se disuelven en aguas de diverso origen y se incorporan en rocas sedimentarias de origen químico de los cuales los carbonatos y sulfatos son de mayor distribución en la tierra. La baja abundancia de las TR en aguas, especialmente neutrales y alcalinas, alto contenido de sales disueltas en las mismas, así como la dominancia de la matriz por Ca en carbonatos representa, sin embargo, un reto

analítico para soportar la investigación de procesos geoquímicos secundarios basados en este grupo.

La espectrometría de masas con plasma como fuente de ionización ha llegado a ser el método preferencial para el análisis de TR ofreciendo el análisis simultáneo de todo el grupo de lantánidos con límites instrumentales de detección superiores a cualquier otro método. Sin embargo, los límites de detección (LD) reales dependen fuertemente de la matriz de la muestra. Más compleja sea la matriz química, y es el caso de muestras geológicas con casi toda la tabla periódica presente, es de esperar mayores efectos espectrales con supresión de la señal, aumento del ruido y, por consecuencia, aumento de los límites de detección. Como una alternativa a los procedimientos químicos con separación previa de la matriz, frecuentemente bastante complejos, tediosos y costosos, en la última década fueron desarrollados sistemas de introducción (SI) de muestras al plasma que permiten superar algunos de los efectos matriciales en línea.

En el trabajo presentamos las pruebas del análisis de TR en el equipo de ICPMS Agilent 7500 en el IGL, UNAM, en el que se evaluaron tres sistemas alternativos de introducción de muestra: 1) nebulizador microconcéntrico con cámara de nebulización tipo Scout, 2) Nebulizador Ultrasónico con sistema de desolvatación (CETAC U-5000) y 3) Nebulizador microconcéntrico con sistema de desolvatación (Apex Q). Estos últimos dos presentan mayor eficiencia durante el proceso de introducción de muestra al ICP al generar un aerosol seco, permitiendo que el plasma no invierta energía en los procesos de desolvatación. Como resultado se observa una mejora significativa en los límites de detección, y una disminución significativa en la formación de especies del tipo MO<sup>+</sup>.

Los resultados obtenidos muestran que, como hemos esperado, el uso de sistemas de nebulización y desolvatación acoplados al ICP aumenta la sensibilidad mínimo una orden de magnitud y mejora los LD hasta nivel de pg/L (ppq) a comparación con un sistema convencional con LD en ng/L (ppt) en solución acuosa. Las ventajas de estos sistemas de introducción abren un nuevo horizonte para los estudios geoquímicos en México basados en elementos traza.



**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.**

Rufino Lozano-Santa Cruz<sup>1</sup>, Jesús Roberto Vidal-Solano<sup>2</sup>, Ricardo Abraham Mendoza-Cordova<sup>2</sup>, Pablo Peñaflores<sup>3</sup> y Amabel Ortega-Rivera<sup>3</sup>  
[rufino@servidor.unam.mx](mailto:rufino@servidor.unam.mx)

<sup>1</sup> Instituto de Geología, UNAM. Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, C. P. 04510, México, D. F.

<sup>2</sup> Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N. C.P. 83000, Hermosillo, Sonora.

<sup>3</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.

A principio del año en curso el laboratorio de rayos X del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, formalizó los procedimientos para el análisis de elementos mayoritarios en su espectrómetro SRS3400. Las curvas de calibración para SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fueron preparadas con muestras fundidas en mezcla de boratos de litio usando 10% en peso de muestra, 90% de mezcla fundente y 50µg de LiBr como agente liberante.

Para establecer el desempeño y limitaciones del método, así como para identificar las influencias que pueden modificar estas características y hasta qué punto, se determinaron los límites mínimos de detección y cuantificación, así como los niveles de exactitud y precisión.

Los resultados obtenidos de la medición de doce materiales de referencia se graficaron contra los valores certificados, determinando así el desempeño de las curvas de calibración.

En este trabajo se discuten los resultados de la evaluación de algunos de esos materiales de referencia.

**ANÁLISIS DE ELEMENTOS MAYORES POR FRX EN SECCIONES DELGADAS DE ROCA: RESULTADOS PRELIMINARES EN LAVAS VÍTREAS ÁCIDAS Y BÁSICAS.**

Jesús Roberto Vidal-Solano<sup>1</sup>, Abraham Mendoza-Cordova<sup>1</sup> y Rufino Lozano-Santa Cruz<sup>2</sup>.  
[jrvidal@ciencias.uson.mx](mailto:jrvidal@ciencias.uson.mx)

<sup>1</sup> Área de FRX del Laboratorio de Cristalografía y Geoquímica del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.

<sup>2</sup> Laboratorio de FRX del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México.

### Introducción

Las ventajas de los sistemas analíticos modernos de rayos X recaen, tanto en una mínima preparación de las muestras, como en un tiempo corto de medida. Dentro de estos equipos, el sistema de Fluorescencia de Rayos X (FRX) puede llegar a obtener una composición química de los materiales rocosos de una manera relativamente sencilla. Este es aún más útil, si es capaz de aprovechar una muestra, que anteriormente fue utilizada con otro propósito (ej. petrografía), sin necesidad de modificarla para su análisis. Bajo esta idea, se ha llevado a cabo un experimento en el Laboratorio de Cristalografía y Geoquímica de la UNISON con un equipo de FRX Bruker SRS 3400 (con un tubo de Rodio y una ventana de Berilio de 75 micras) analizando secciones delgadas de lavas ácidas y básicas.

### Metodología

#### Preparación de las muestras

La preparación de las muestras fue mínima y solo consistió en limpiar perfectamente la superficie de la roca. Esto se debe a que las secciones delgadas poseen una superficie plana, lisa, pulida y de un tamaño adecuado al porta muestras. Estas condiciones y el principio de que en la muestra, la incidencia de los rayos X puede ser regulada o corregida en la evaluación de los resultados, hacen viable la utilización de este tipo de muestras siempre y cuando las láminas no tenga un cubre objeto.

#### Condiciones de medición

El análisis de los elementos mayores en los materiales estudiados, se efectuó mediante un método de medida semi-cuantitativo con alta resolución (St-less-HR-Vac23) sin rotación en la muestra.

Las condiciones del método de medición aparecen en la Tabla 1. Este método comprende un escaneo de la muestra considerando 30 segundos por línea de análisis y una máscara de 8mm.

### Resultados preliminares

Las muestras estudiadas son 8 láminas delgadas de roca con texturas diferentes (Figura 1 y Tabla 2), de las cuales 5 corresponden a riolitas, 2 a basaltos y 1 a una andesita basáltica

Tabla 1. Condiciones de medición del sistema FRX para las secciones delgadas de las rocas estudiadas.

Elemento y línea de medición	Tiempo de conteo (s)	Cristal	Colimador (°)	Detector	kV	Máscara (mm)
Al KA1	30	PET	FINO 0.15	Contador de flujo	30	8
Ca KA1	30	LIF 200	FINO 0.15	Contador de flujo	50	8
Fe KA1	30	LIF 220	FINO 0.15	Contador de flujo y centilleo	60	8
K KA1	30	LIF 200	FINO 0.15	Contador de flujo	50	8
Mg KA1	30	OVO-55	FINO 0.15	Contador de flujo	30	8
Mn KA1	30	LIF 220	FINO 0.15	Contador de flujo	50	8
Na KA1	30	OVO-55	FINO 0.15	Contador de flujo	30	8
P KA1	30	PET	FINO 0.15	Contador de flujo	30	8
Si Ka1	30	PET	FINO 0.15	Contador de flujo	30	8
Ti KA1	30	LIF 200	FINO 0.15	Contador de flujo	50	8

Tabla 2.- Petrografía de las muestras analizadas por FRX; Pl: plagioclasa; Ol: olivino; Fa: fayalita; Cpx: clinopiroxeno; FA: feldespato alcalino; Qzo: cuarzo; OxFe-Ti: óxidos de hierro y titanio.

Muestra	Roca	Textura	Fenocristales	Matriz	Observaciones
JR98-25	Riolita	Afanítica holohialina	FA	Perlítica	Fenocristales euhedrales
JR98-24- JR97-19	Riolita	Afanítica holohialina	Vítrea	Obsidiana	
JR04-34	Riolita	Fluidal porfírica	Qzo y FA	Vítrea microvesicular	Lava templada con tonalidades café y negras.
JR03-7	Riolita	Eutaxítica porfírica	FA>>Fa>Cpx	Vítrea ligeramente perlítica	Vitrófilo con presencia de líticos
JR97-27	Andesita basáltica	Dolerítica ligeramente porfírica y vesicular	Pl>Ol	Intersertal Pl>Ol>Cpx>OxFe-Ti	Presencia de fenocristales de Pl nublada y cúmulos de Ol-Pl.
JR97-22	Basalto	Porfírica	Pl>Cpx>Ol	Pilotaxítica, intergranular Pl>Cpx>Ol>OxFe-Ti	Fenocristales de Ol fresco y presencia de Pl nubladas.
JR97-21	Basalto	Porfírica y seriada de Pl	Pl> Ol > Cpx	Intergranular Pl>Cpx>Ol>OxFe-Ti	Fenocristales de Ol iddingsitizado, Pl nubladas y presencia de cúmulos de Cpx-Pl.

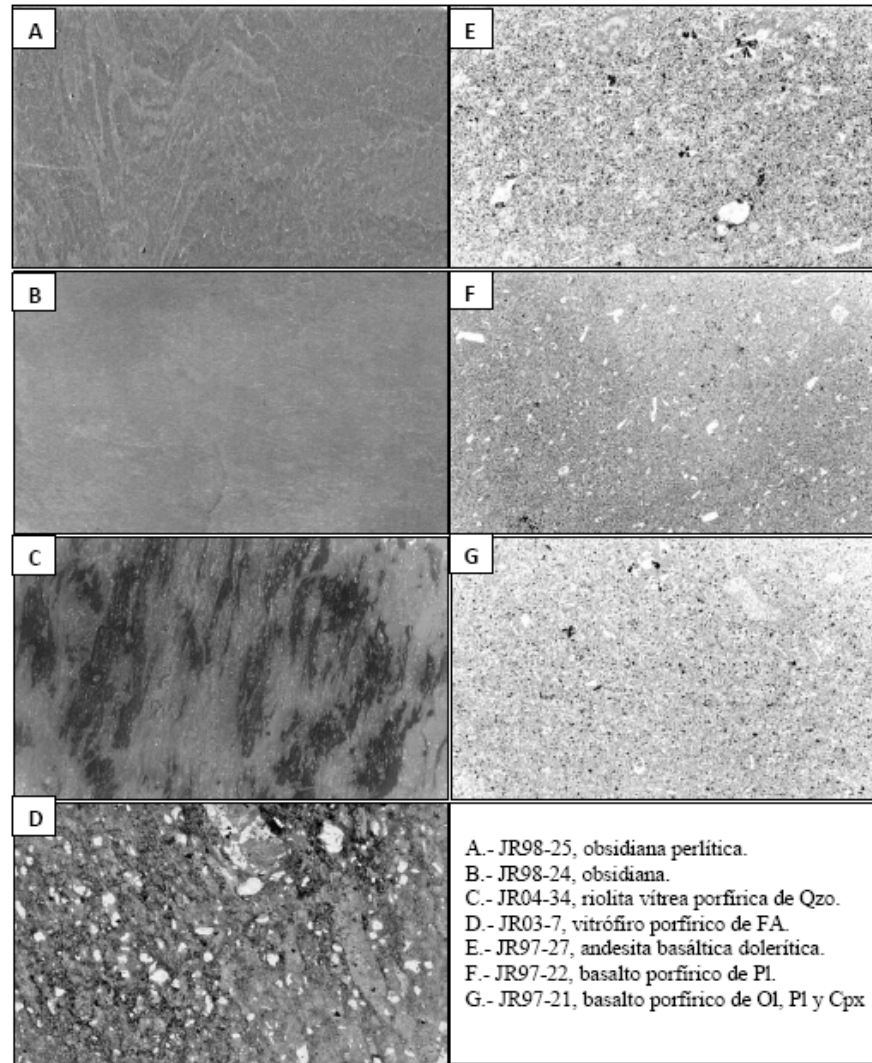


Fig. 1. Imágenes de las secciones delgadas de las roca estudiadas; dimensiones de 2 x 3 cm.

Los análisis químicos por ICP-AES de estas muestras aparecen reportados en distintos trabajos de la literatura (Vidal-Solano et al., 2005, 2007, 2008) y fueron utilizados como referencia en la comparación de los resultados aquí obtenidos. Los valores obtenidos para las 8 muestras fueron comparados contra los valores de referencia reportados en la literatura, en base anhidra y recalculados al 100% (Fig. 2). Estos, aunque presentan en general correlaciones aceptables ( $R^2 > 0.9$ ), son mejores para Na, Al, Si, P, K, Ti y Mn, mostrando marcadas diferencias en Ca y Fe en las riolitas JR97-19 y JR04-34, pero en Mg, Ca y Fe para las 3 muestras básicas.

### Discusión

Diversos factores deben ser considerados para su influencia en la buena reproducibilidad de la química en las muestras estudiadas: vesicularidad, grado de cristalinidad, tamaño de los cristales tanto en la matriz como en los fenocristales, así como la presencia de xenolitos y xenocristales. Estos fueron pensados en la selección de las muestras para obtener una buena diversidad de los ejemplares en el experimento.

Las diferencias encontradas en los valores de las muestras básicas son representadas por valores poco más bajos que los encontrados en las muestras de referencia. Esto, parece ser más derivado de la influencia de la textura porfírica que

involucra fenocristales de olivino, piroxeno y plagioclasa en todas esas muestras, que del aumento en la cristalinidad de esas rocas. Los mejores análisis en las lavas básicas fueron observados en la muestra JR97-27. Estos son probablemente el resultado de la presencia de una matriz dolerítica en la muestra, que imprime una mejor homogeneidad en el tamaño de las partículas involucradas. Sin embargo, cabe la posibilidad de que los resultados obtenidos provengan en su mayoría de la parte vítrea en la

roca, para lo cual más pruebas serán efectuadas. Por otro lado, las muestras ácidas involucradas en este experimento arrojaron mejores resultados que las muestras básicas. Este factor puede ser asociado al alto porcentaje de vidrio presente en las riolitas, que es menos influenciado por la presencia de fenocristales de feldespato alcalino en algunos especímenes. Esto contribuye a una mejor distribución de los elementos en la muestra.

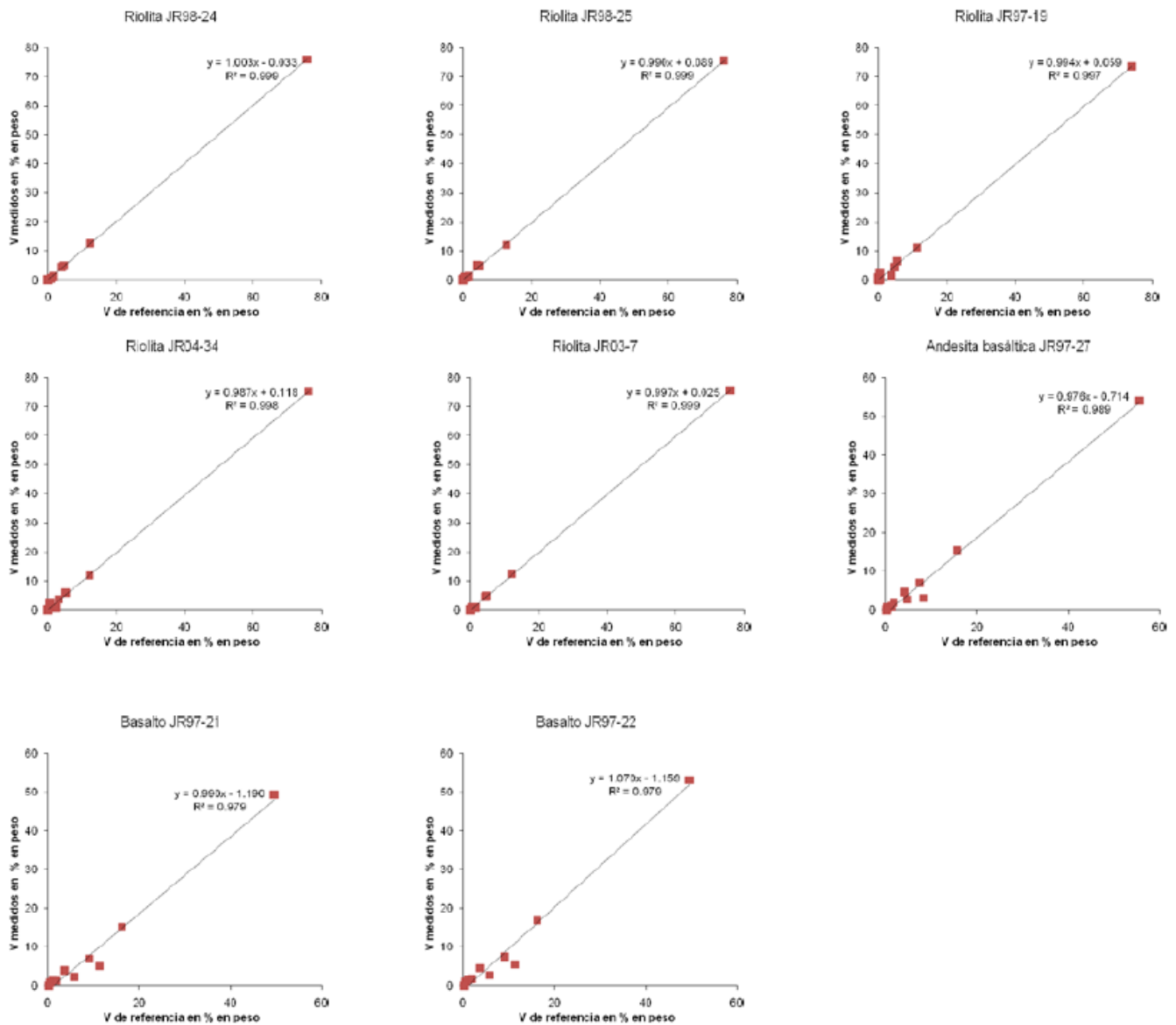


Fig. 2. Comparación de los valores obtenidos vs reportados en la literatura. Las barras de error son menores que el tamaño del símbolo. La línea corresponde a la regresión lineal ponderada cuya pendiente (Y) se muestra en la figura.

### Conclusión

A pesar de que en este trabajo faltan puntos por resolver como la validación de los datos por medios estadísticos y la obtención de valores promedios más confiables para la evaluación de la técnica analítica, los resultados encontrados en este experimento, muestran que el análisis de elementos mayores en secciones delgadas por medio de FRX, promete ser una herramienta práctica para la determinación química de las rocas, además de resultar una buena manera de aprovechar más ese tipo de muestras adquiriendo información valiosa. Las perspectivas sobre esta línea proponen un estudio químico contemplando también rocas plutónicas, así como el análisis de estos mismos elementos en talones y secciones pulidas de roca.

### Referencias citadas:

- Vidal-Solano J.R., Paz-Moreno F.A. y Demant A. (2005). Caracterización y cronología del evento volcánico terciario Pre-Pinacate, Campo Volcánico El Pinacate, Noroeste de Sonora, México. Bol. Depto. Geol. UniSon, 18 y 19, 117-140.
- Vidal-Solano J.R., Paz-Moreno F.A., Demant A. y López-Martínez M. (2007). Ignimbritas hiperalcalinas del Mioceno medio en Sonora Central: reevaluación de la estratigrafía y del significado del volcanismo terciario en el NW de México. Rev. Mex. Ciencias Geol., 24, 47-67.
- Vidal-Solano J.R., Demant A., Paz-Moreno F.A., Lapierre H., Ortega-Rivera M.A. & Lee J.K.W. (2008). Insight into the tectonomagmatic evolution of NW Mexico: Geochronology and petrochemistry of the Miocene volcanic sequences from the Pinacate area (Sonora). – Geol. Soc. Amer. Bull., 120, 691-708.

### DESARROLLO DE UN MÉTODO DE DIGESTIÓN POR HORNO DE MICROONDAS PARA “ACEITE COMBUSTIBLE RESIDUAL” Y SU VALIDACIÓN POR ESPECTROMETRÍA DE MASAS CON PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE UTILIZANDO EL NIST-SRM-1634C

Ofelia Pérez-Arvizu, Ma. Carolina Torres, Juan A. Guardado-Pérez y Alejandro Carrillo  
[operez@geociencias.unam.mx](mailto:operez@geociencias.unam.mx),

*Universidad Nacional Autónoma de México  
 Campus Juriquilla; 76230 Querétaro, Qro. México*

Se desarrolló una nueva metodología de digestión por microondas en vaso cerrado con el objetivo de obtener reproducibilidad y exactitud en el análisis por espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente de elementos traza en derivados de petróleo. El método fue probado utilizando el material de referencia certificado del NIST, SRM-1634c “aceite combustible residual”.

Las muestras fueron digeridas en un horno de microondas de la marca CEM modelo MARSXpress en el cual se colocaron 0,25 g de muestra en una mezcla de ácido nítrico grado ultrapuro concentrado y peróxido de hidrógeno ultrapuro. La temperatura fue monitoreada dentro de cada vaso y la presión únicamente en el vaso controlador durante todo el tiempo de la digestión para controlar el proceso y evitar una posible pérdida de muestra.

Se utilizaron 5 etapas de calentamiento con un tiempo total de digestión de 62 minutos en los cuales se modificaron el nivel de potencia, la presión y la temperatura hasta alcanzar un máximo de potencia de 1600 W, una presión de 600 psi y una temperatura de 250 °C.

Una vez disuelto el material, el exceso de ácido fue removido por evaporación y la concentración de 10 elementos V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, As, Se, Cd, y Pb en la muestra diluida fue medida utilizando la técnica de espectrometría de masas (ICP-MS). Los resultados experimentales de la medición del SRM-1634c mostraron buena correlación con los valores certificados y recomendados por el NIST.

**A MORE PRECISE CALIBRATION OF THE Na/K  
GEOTHERMOMETER USING A LARGE WORLD  
DATABASE OF GEOTHERMAL FLUIDS AND NEW  
GEOCHEMOMETRIC TECHNIQUES.**

E. Santoyo<sup>1</sup> y L. Díaz-González<sup>2</sup>  
[esg@cie.unam.mx](mailto:esg@cie.unam.mx)

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Energía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Centro de Investigación en Energía, Priv. Xochicalco s/no., Centro, Temixco, Mor. 62580, México,

<sup>2</sup>Posgrado en Ingeniería (Energía), Centro de Investigación en Energía, UNAM, Priv. Xochicalco s/no., Centro, Temixco, Mor. 62580, México.

Temperature estimates of Na/K geothermometers are inconsistent due to error sources, such as geothermometer calibrations and coefficients and individual uncertainties of chemical analyses. Differences are commonly observed between measured and predicted equilibrium temperatures of geothermal wells (Verma & Santoyo, 1997; Verma, 2002; Díaz-González, 2008; Díaz-González & Santoyo, 2008; Díaz-González *et al.*, 2008; Verma *et al.*, 2008a). In light of these error sources, a new improved and more precise calibration of the Na/K geothermometer has been developed.

A new GEothermal Fluid Database (GEOFD) was created using stable down-hole temperature measurements and fluid compositions of producer wells from a wide variety of world geothermal fields. A total number of 645 samples were compiled and initially evaluated by calculating ion charge balances (ICB), which enabled to select arbitrarily data with ICB<10% for a better geothermometer calibration. The arbitrary use of the geochemical ICB criterion was used because the fluid chemical analyses represent a serious problem of quality. A careful statistical control of the geochemical data quality, together with the estimation of individual uncertainties is still required for the geothermal industry (Verma, 2005; Díaz-González *et al.*, 2008).

380 samples were then selected and re-evaluated for outlier detection in iterative ordinary linear regressions ( $\log Na/K$  versus  $1/T$ ) using the software OYNYL (Verma *et al.*, 2006) and

combined geochemometric methods. Due to the large size of GEOFD (n=380), the outlier detection was recursively examined by computing “*studentized residuals*”. These residuals were statistically analyzed as univariate data with 14 statistical discordant tests instead of bivariate discordant tests (which are only recommended for n<100): Verma *et al.*, 2008b. 38 outliers were finally detected and rejected for obtaining a final structure of GEOFD with 342 samples.

From this version of GEOFD, 239 samples (70 %) were randomly taken out to derive the new geothermometer equation and the remaining 103 samples (30 %) were used for validation and comparison purposes. The new improved Na/K geothermometer (n=239) is given by the following equation:

$$t^{\circ}C = \frac{876.3(\pm 26.26)}{\log\left(\frac{Na}{K}\right) + 0.8775(\pm 0.0508)} - 273.15$$

where the numbers in parentheses are the coefficient errors; and  $Na$  and  $K$  are concentrations (in ppm). This new equation was successfully validated and applied to estimate subsurface temperatures in 103 different geothermal samples to avoid some statistical bias. A comparison between the new Na/K geothermometer and previous versions of the geothermometer was also performed. The computer code SolGeo, recently developed by Verma *et al.*, 2008a, was employed for temperature estimates of the previous geothermometers. The new improved version of the geothermometer (given by the previous equation) shows a much better agreement with the measured well temperatures than those predictions provided by all the previous Na/K geothermometers. Details of all these results are outlined in the present contribution.

**Referencias citadas:**

- Díaz-González, L., 2008, Desarrollo de herramientas geotermométricas usando computacionales y geoquimiométricas para la industria geotérmica”. Tesis Doctoral, Posgrado en Ingeniería (Energía – Geotermia), CIE-UNAM.
- Díaz-González, L., Santoyo, E., 2008, A new precise calibration of the Na/K geothermometer using a world database of geothermal fluids and

- improved geochemometric techniques, Conference Abstracts of the 18th Annual V.M. Goldschmidt Conference Vancouver, Canada July, 2008. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 72 (12), Supplement 1 - pp. A215.
- Díaz-González, L., Santoyo, E., Reyes, J., 2008, Tres nuevos geotermómetros mejorados de Na/K usando herramientas computacionales y geoquimométricas: aplicación a la predicción de temperaturas de sistemas geotérmicos, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* (En prensa).
- Verma, S.P., 2002, Optimisation of the exploration and evaluation of geothermal resources. In: "Geothermal Energy Resources for Developing Countries" (Edited by D. Chandrasekharam and J. Bundschuh), Swets & Zeitlinger B. V., A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, The Netherlands, 195-224.
- Verma, S.P., 2005, Estadística Básica para el Manejo de Datos Experimentales: Aplicación en la Geoquímica (Geoquimiometría), Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 186 p.
- Verma, S.P., Santoyo E., 1997, New improved equations for Na/K, Na/Li and SiO<sub>2</sub> geothermometers by outlier detection and rejection: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 79, 9-24.
- Verma, S.P., Díaz-González, L., Sánchez-Upton, P., Santoyo, E., 2006, OYNYL: A new computer program for ordinary, York, and New York least-squares linear regressions: *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 2(8), 997-1002.
- Verma, S.P., Pandarinath, K., Santoyo, E., 2008a, SolGeo: A new computer program for solute geothermometers and its application to Mexican geothermal fields: *Geothermics* (in press).
- Verma, S.P., Quiroz-Ruiz, A., Díaz-González, L., 2008b, Critical values for 33 discordancy tests variants for outliers in normal samples up to size 1000, and application in quality control in Earth Sciences: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 25 (1), 82-96.

---

**LUNES 06 – SEGUNDA SESIÓN: BIOGEOQUÍMICA Y GEOQUÍMICA AMBIENTAL**

---

**ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY RESULTS  
FROM A Zn-Pb-Cu MINING AREA IN THE STATE OF  
MEXICO.**

Lizárraga-Mendiola L.<sup>1,2</sup>, González-Sandoval M. R.<sup>2</sup>  
y Durán-Domínguez M. C.<sup>2</sup>  
[lililga@gmx.net](mailto:lililga@gmx.net)

<sup>1</sup>Área académica de Ingeniería Civil, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, UAEH. Carr. Pachuca-Tulancingo km. 4.5, Col. Carboneras, C.P. 42,184. Mineral de la Reforma, Hgo. México.

<sup>2</sup> Programa de Ingeniería Química Ambiental y Química Ambiental, Conjunto E de la Fac. de Química, UNAM. Paseo de la Investigación Científica s/n, Cd Universitaria, Coyoacán. 04510 México, D.F. México.

The geochemical behaviour of zinc, lead and copper from sulfidic tailings in a mine site (pyrite (55%) and sphalerite (2%)) with potential to generate acidic drainage is reported in this paper.

The mining area is divided in two zones, considering the topographic location of sampling points with respect to the tailings pile: a) outer zone, out of the probable influence of acid mine drainage (AMD) pollution, and b) inner zone, probably influenced by AMD. Average ions concentrations in the outer zone were in mg/L: As (0.2), Cd (0.9), Fe (19), Mn (39), Pb (5.02), SO<sub>4</sub> (4650), Zn (107.67), and in the inner zone were As (0.1), Cd (0.9), Fe (88), Mn (13), Pb (6), SO<sub>4</sub> (4880), Zn (46). The presence of these ions that exceed the permissible maximum limits for human consume, could be associated to tailings mineralogy and acid leachates generated in tailings pile. The pile contains around 5.5 million of tons of tailings deposited, and it was calculated that, from these volume of tailings, total concentration (kg/ton) of the most important ions mentioned above are as follows: Ag (349), As (19,360), Ca (35,420), Cd (73), Cr (37), Cu (48,125), Fe (1,892,000), Mg (245), Mn (1,735), Ni (66), Pb (266.7), Sb (359), Si (3168), Sr (150), and Zn (992,585). According to

these results, the following suggestions are proposed: a) to study eolian transportation of tailings particles, 2) to analyze the speciation of the main elements of the AMD, 3) to study the microbiological processes carried out in tailings deposited in the pile, 4) to install a water collecting pipes system, which allows a better collection of the superficial runoff reaching the tailings pile, and 5) to install an impermeable cover that isolates the tailings pile of the contact with weathering agents.

**IMPACTO DE LOS LIXIVIADOS DE UN BASURERO  
IRREGULAR SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA  
SUBTERRÁNEA EN EL VALLE DE MEXICALI.**

Valdez-Carrillo M., Gómez-Puentes F., Reyes-  
López J.A. y Carreón-Diazconti, C.  
[melisvc@hotmail.com](mailto:melisvc@hotmail.com)

*Maestría en Ciencias Ambientales;  
Instituto de ingeniería, Universidad Autónoma de Baja  
California, Mexicali, B.C.*

La generación y el manejo de los residuos sólidos municipales en México y en otros lugares del mundo han llegado a ser un problema ambiental muy serio. Los efectos de una mala disposición de los residuos sólidos municipales no solo se reflejan en el lugar donde se depositan, sino que llegan a afectar a los mantos acuíferos, debido a la percolación de sus lixiviados en el subsuelo. La mayoría de estos acuíferos representan la fuente de abastecimiento agua de actividades agrícolas y humanas, lo que puede dar lugar a graves problemas en la salud pública. Cuando los lixiviados interactúan con el subsuelo, viajan a través de este formando plumas de contaminación debido a la dilución y mezcla de los contaminantes con las aguas subterráneas. La dispersión horizontal de estas plumas puede llegar a ser de 1000 hasta 2000m de largo. Análisis físico-químicos de agua y suelo y métodos geofísicos como los sondeos eléctricos verticales nos ayudan a detectar la presencia de estas plumas contaminantes.

El Río Colorado se extiende aproximadamente 153 km del río aguas abajo de la Presa Morelos hacia el golfo de California. Los primeros 97 km están confinados entre dos bordos para el control de inundaciones, formando lo que se conoce como corredor ripario. El basurero irregular

Vado Carranza esta localizado dentro del corredor ripario, región baja del Río Colorado margen derecha, con un área aproximada de 49,500 m<sup>2</sup> donde el nivel freático es aproximadamente 2.5 m bajo la superficie del suelo. El propósito de esta investigación es contribuir al esfuerzo binacional de restauración del ecosistema ripario del delta del río Colorado. El objetivos a desarrollar es determinar la existencia, extensión y dirección de flujo de la pluma del lixiviado; utilizando métodos geofísicos y geoquímicos, entre otros.

Hasta el momento, los datos geoquímicos indican una mayor concentración de iones mayoritarios en la zona del basurero, en comparación con sus alrededores, por lo que inferimos la presencia de una pluma de contaminación en el acuífero. Dicha pluma se confirma mediante los sondeos geofísicos, muestra una dirección SE-NW y su extensión esta en proceso de investigación.

**MINERALES CON POTENCIAL DE  
NEUTRALIZACIÓN EN PRESAS DE JALES.**

Villaseñor-Cabral M.G.<sup>1</sup>, Romero F.M.<sup>1</sup>, Luna-  
Celis L.<sup>2</sup> y Morales-Arredondo I.<sup>2</sup>  
[mgvc@servidor.unam.mx](mailto:mgvc@servidor.unam.mx)

<sup>1</sup>*Instituto de Geología UNAM.*

<sup>2</sup>*Posgrado en Ciencias de la Tierra UNAM.*

La minería en México ha sido una actividad económica fundamental para el desarrollo de nuestro país porque los recursos minerales son indispensables para sustentar calidad de vida. Sin embargo, esta actividad puede producir un impacto ambiental importante. Hoy en día, cuando se planea el desarrollo de una operación minera, es necesario evaluar con anticipación sus probables efectos al ambiente, siendo el llamado drenaje ácido uno de los que más impactan puesto que genera fluidos con pH ácidos y metales en solución, lo que lo hace sumamente peligroso al quedar estos elementos geodisponibles.

La acidez se genera principalmente por la oxidación de los sulfuros, siendo los más importantes la piritita y la pirrotita. Por otro lado, también existen minerales que la neutraliza como son los alumino-silicatos y calcosilicatos, entre



otros. Una de las pruebas fundamentales, establecidas por las normas ambientales, es la ácido-base (ABA) que determina el potencial de generar acidez (AP) y el potencial de neutralizar (NP) y se hace calculando el contenido de carbonatos; sin embargo esta prueba presenta limitaciones puesto que en el depósito de residuos mineros existen otros minerales que pueden también neutralizar la acidez.

En este trabajo se presenta el estudio de la wollastonita como probable mineral neutralizador. Diversos investigadores han encontrado que dicho mineral es uno de los que se intemperiza desde la primera etapa, liberando iones calcio y sílice amorfa. La alteración de la wollastonita consume acidez con el subsecuente aumento del pH y actualmente se valora su capacidad para la retención de elementos tóxicos. Este mineral es común en los yacimientos tipo skarn de la franja plomo-zinc-plata del centro de México y es abundante en algunos jales. Presentamos dos ejemplos, Zimapán y Charcas. En el primero se han estudiado varios jales, entre ellos los depósitos San Miguel que tienen entre 30 y 50 años, los cuales tienen un pH alcalino y están poco oxidados; contienen, entre otros minerales, abundante calcita así como feldespatos potásico y wollastonita. En Charcas, los jales han sido valorados desde el punto de vista ambiental y los resultados indican que no son generadores de drenaje ácido, lo que se debe a la presencia de minerales con potencial neutralizador entre los que destaca la wollastonita.

Estos resultados indican que la wollastonita puede ser utilizada en los planes integrales de remediación en zonas mineras con problemas de drenaje ácido.

## CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LOS JALES DESECHADOS EN UNA MINA DE SULFUROS MASIVOS.

González-Sandoval M. R.<sup>1,2</sup>, Lizárraga-Mendiola L.<sup>3</sup>,  
Sánchez-Tovar S.A.<sup>2,4</sup> y Durán-Domínguez M. C.<sup>2</sup>  
[cuquisgssast@hotmail.com](mailto:cuquisgssast@hotmail.com)

<sup>1</sup>Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería,  
Facultad de Química, UNAM

<sup>2</sup>Programa de Ingeniería Química Ambiental y Química Ambiental, Conjunto E de la Fac. de Química, UNAM. Paseo de la Investigación Científica s/n, Cd Universitaria, Coyoacán. 04510 México, D.F. México.

<sup>3</sup>Área académica de Ingeniería Civil, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, UAEH. Carr. Pachuca-Tulancingo km. 4.5, Col. Carboneras, C.P. 42,184. Mineral de la Reforma, Hgo. México

<sup>4</sup>Tecnología Intercontinental, S.A. de C.V. Río Lerma no. 171-3, Cuauhtémoc 06500 México, D.F. México

En la presente investigación se realizó una caracterización fisicoquímica de los jales desechados por una empresa minera localizada en el Estado de México que concentra los sulfuros de zinc, plomo y cobre a partir de un yacimiento de sulfuros masivos. La mineralogía de los jales consiste en: pirita (67-90%), cuarzo (5-8%), esfalerita (5%), moscovita (5%), clinoclora (5%) y yeso (1-3%). Los elementos mayoritarios en los jales fueron en promedio (%): Fe(35%), Si (5.7%), Zn (1.8%), Ca (0.6%), Mg (0.5%), Pb (0.4%) y As (0.3%). Se encontraron como elementos minoritarios los siguientes (ppm, mg/kg): Mn (380), Sb (154.5), Cd (137), B (110), Ga (95.6), Ba (65.5), Ni (8.6), Ag (55 g/ton), Au (1g/ton). Las concentraciones promedio de S y C obtenidas por análisis elemental fueron de 44% y 0.25%, respectivamente y la prueba de presencia de carbonatos por efervescencia con ácido resultó prácticamente nula, coincidiendo con el análisis elemental de carbono, lo que implica que la capacidad de los jales para neutralizar el drenaje ácido de mina (DAM) es muy limitada. La densidad aparente de los jales es de alrededor de 2 g/cm<sup>3</sup>; su color tonos cafés a los grises intensos típicos de acuerdo. Su textura es de migajón arcillo-limoso o limoso y la humedad varía de acuerdo con su tiempo de residencia en la presa. Se concluye de estos análisis que tienen un alto potencial de generar drenajes ácidos de mina lo que debe corroborarse con pruebas estáticas y cinéticas. Los análisis de

color, textura, presencia de carbonatos ácidos por efervescencia con ácido permiten hacer una valoración preliminar de los jales y relacionarlo con su potencial de generar DAM.. La caracterización de los jales es la primera etapa en la definición de las estrategias a tomar para la remediación o reexplotación de un sitio minero, en este caso las altas concentraciones de zinc, plata y oro, hacen atractiva la reexplotación de los jales cuando se cuenta con la tecnología adecuada.

**USO DE UN BIOSORBENTE DE BAJO COSTO  
(*Eleocharis acicularis*) PARA LA REMOCIÓN DE F<sup>-</sup>  
DE AGUAS CONTAMINADAS.**

Patricia Miretzky, Carolina Muñoz y Alejandro  
Carrillo-Chávez  
[caromt@geociencias.unam.mx](mailto:caromt@geociencias.unam.mx)

*Centro de Geociencias-UNAM, Campus Juriquilla,  
Boulevard Juriquilla 3001, Queretaro 76230, Mexico.*

Se estudió la remoción de ion F<sup>-</sup> de soluciones acuosas por medio del uso de un adsorbente natural de bajo costo, la biomasa de una macrófita acuática (*Eleocharis acicularis*) pre-tratada con Ca<sup>2+</sup>.

Se determinó el efecto del tiempo de contacto, la concentración inicial de F<sup>-</sup>, la dosis de biomasa, y el pH en la adsorción de F<sup>-</sup> por la biomasa a través de experimentos en batch, y en experimentos en columna, el efecto de la velocidad de flujo, la altura de lecho y la concentración de F<sup>-</sup> en la solución influente. El uso de la biomasa pre-tratada con Ca<sup>2+</sup> aumentó la eficiencia de la remoción de F<sup>-</sup> en cerca de 100 %, resultando 64.5 % para F = 2 mg L<sup>-1</sup>, dosis de biomasa 5 g L<sup>-1</sup>, pH 6.0. Los datos experimentales pudieron ser descritos por la isoterma de Langmuir y la de Freundlich. La máxima capacidad de adsorción fue 0.110 mmol g<sup>-1</sup>. La cinética de remoción fue rápida y fue descrita por el modelo de pseudo 2<sup>o</sup> orden. Se determinaron la constante de velocidad, la velocidad de adsorción inicial y la capacidad de adsorción en el equilibrio. Los experimentos en columna demostraron que aguas con hasta F<sup>-</sup> = 3.0 mg L<sup>-1</sup> podían ser tratadas en un solo ciclo para llegar a concentraciones de F<sup>-</sup> < 1.0 mg L<sup>-1</sup>, el límite propuesto por la WHO. Se comprobó que a medida que la velocidad de flujo disminuía o la altura de lecho aumentaba, el tiempo de operación de la columna aumentaba. Los resultados obtenidos pueden ser útiles en México y en otros países en desarrollo donde la población rural no tiene acceso a agua potable.

**MARTES 07 – TERCERA SESIÓN: GEOCRONOLOGÍA Y GEOLOGÍA ISOTÓPICA**

CONFERENCIA INVITADA  
**BÓLIDOS Y LA POSIBLE CAÍDA RECIENTE DE  
METEORITOS EN SONORA**

Julio Saucedo-Morales  
[jsaucedo@cajeme.cifus.uson.mx](mailto:jsaucedo@cajeme.cifus.uson.mx)

*Departamento de Investigación en Física (DIFUS)  
Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N.  
C.P. 83000, Hermosillo, Sonora.*

Brevemente se introduce la Física de la Caída de Meteoritos, como antecedente para dar a conocer dos casos recientes: uno de ellos ocurrido el 29 de Noviembre de 2004 y el otro el 23 de Agosto de 2008, ambos reportados por amplias comunidades

de Sonora y Arizona. La información ha sido obtenida a través de testimonios en forma de entrevistas de personas que los vieron y/o escucharon, y en ciertas ocasiones, en artículos periodísticos y foros de Internet.



Figura 1. Fragmento del meteorito de Carbó, Sonora.

Se dan a conocer las trayectorias de los bólidos para ambas caídas y los que posiblemente fueron sus *puntos terminales*, así como las posibles *elipses de caída*. Uno de los principales objetivos de este trabajo es motivar el interés por el estudio de los meteoritos, y en particular, su búsqueda.

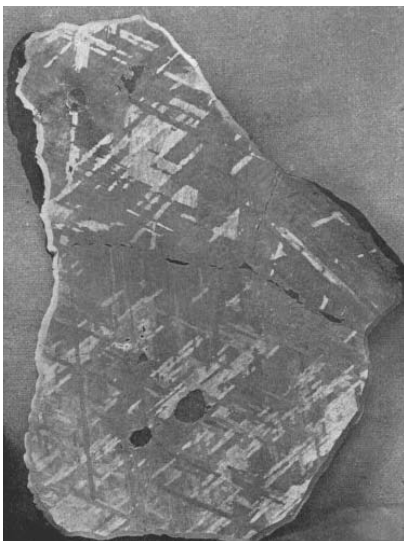


Figura 2. Fragmento del meteorito de Arizpe, Sonora.

Se enfatiza la importancia de que los hallazgos sean dados a conocer a la comunidad científica y no simplemente extraídos sin dejar registro de sus características (principalmente por caza meteoritos sin escrúpulos).

#### **AVANCES EN LA INSTALACIÓN DEL LABORATORIO DE TERMOGEOCRONOLOGÍA DE BAJA TEMPERATURA MEDIANTE TRAZAS DE FISIÓN DE LA ERNO-UNAM.**

Amabel Ortega-Rivera, Thierry Calmus,  
Jaime Roldán-Quintana y Pablo Peñaflor-Escárcega  
[amabel@servidor.unam.mx](mailto:amabel@servidor.unam.mx)

*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.*

En la Estación Regional del Noroeste (ERNO) del Instituto de Geología de Universidad Nacional Autónoma de México se está llevando a cabo la instalación de un laboratorio de termocronología de baja temperatura que usará

específicamente el fechamiento por trazas de fisión en apatitas. El laboratorio consta de 5 salas independientes en donde se encuentran distribuidos e instalados los diferentes equipos que se utilizan para la separación mecánica, separación magnética, montado, pulido, conteo y medición de trazas. El laboratorio de preparación y separación de muestras está equipado con una báscula de precisión, dos columnas de tamices con Ro-tap, separador magnético Frantz, un microscopio binocular NIKON para separación y montaje de cristales, y una pulidora de precisión PRESI Megapol P320. Para el conteo y medición de longitudes de trazas se cuenta con un microscopio Olympus adaptado a una platina automatizada Kinetek XY-stage y a una tableta para digitalizar CalComp enlazada a una PC con Windows XP y el software FT Stage 4.0 para el análisis de las trazas de fisión. El personal académico involucrado tiene la Licencia de posesión y uso de material radiactivo en laboratorio de investigación, nivel: personal ocupacionalmente expuesto, ante la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.

La instalación del laboratorio en su mayor parte se ha llevado a cabo mediante beneficio del apoyo de los proyectos CONACYT 28086-T y 36225-T otorgados a JRQ y TC titulados respectivamente “El transecto Golfo de California-Sierra Madre Occidental en el sur de Sonora, México: estudio de un arco magmático continental” y “Denudación y erosión en las provincias del *Basin and Range* y del Golfo de California: investigación termotectónica por trazas de fisión entre los paralelos 29° y 30°N”. Los primeros resultados fueron obtenidos en colaboración con el Laboratorio de Geofísica Nuclear de la Universidad Joseph Fourier, Grenoble, y el Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Melbourne.

El proyecto 36225-T fue el marco de una tesis de Maestría y una de Doctorado que muestran aplicaciones del fechamiento por trazas de fisión para constreñir la edad de los eventos de deformación asociados a la extensión terciaria en el noroeste del país y a la apertura del Golfo de California. Estos eventos consisten principalmente en erosión tectónica y exhumación de partes profundas de la corteza a lo largo de fallas de bajo ángulo, o basculamientos de bloques. La geometría de dichos bloques puede ser descifrada gracias a una

comparación de las edades de trazas de fisión a lo largo de una sección, así como a la distribución de la longitud de trazas que permite determinar historias térmicas a bajas temperaturas.

Se pretende que el laboratorio de trazas de fisión sea operacional para el 2009, esperando proveer del apoyo técnico y de los modelados térmicos necesarios para resolver problemas de estratigrafía, geología estructural y tectónica a través de proyectos de investigación sobre la evolución tectónica de México.

**MODELADO DE LA EVOLUCIÓN TERCIARIA “BASIN AND RANGE” DE LA SIERRA DE ACONCHI, SONORA, MÉXICO. UTILIDAD DEL ESTUDIO TERMOCRONOLÓGICO BASADO EN  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  Y TRAZAS DE FISIÓN EN APATITA**

Lugo-Zazueta Raul E.<sup>1,2</sup>, Calmus Thierry<sup>1</sup>, Gleadow Andrew<sup>2</sup> y Kohn Barry<sup>2</sup>  
[tcalmus@servidor.una.mx](mailto:tcalmus@servidor.una.mx)

<sup>1</sup> *University of Melbourne, School of Earth Sciences, Victoria 3010 Melbourne, Australia.*

<sup>2</sup> *Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM. Hermosillo, México).*

La Sierra de Aconchi, Sonora, México se localiza en la porción centro-norte del estado de Sonora, esta constituida principalmente por granitoides siendo estos la granodiorita El Jaralito (51-57 Ma, K/Ar en biotita); el *stock* San Felipe (50.47±1.6 Ma, K/Ar en feldespato potásico) de composición riolítica; y el batolito granítico de Aconchi (36 Ma, K/Ar en muscovita). En menor proporción se presentan en forma de techos colgantes en estos intrusivos rocas del basamento precámbrico ígneo y metamórfico, y también de rocas sedimentarias de plataforma del Neoproterozoico, rocas volcánicas jurásicas, rocas sedimentarias del Cretácico Inferior y volcánicas de la Formación Tarahumara.

La tectónica extensional terciaria “Basin and Range” se caracteriza en el flanco este de la sierra por la actividad de la falla normal de bajo ángulo El Amol. Su echado promedio es de 22° al este, y se caracteriza por una deformación frágil. El bloque de techo presenta un desplazamiento relativo aproximado de 17 km hacia el N60-70°E, el cual

coincide de forma general con la dirección de extensión registrada en los complejos de núcleo metamórfico de Sonora y del sur de Arizona. El flanco este de la sierra corresponde a una falla normal de alto ángulo de rumbo NNW-SSE.

El análisis termocronológico realizado en el bloque de piso de la falla El Amol, indica que la etapa inicial de la exhumación de la Sierra de Aconchi inició a *ca.* 28 Ma y que la mayor cantidad de desplazamiento a lo largo de la falla El Amol ocurrió entre los 25 y 17 Ma, continuando hasta *ca.* 11±1 Ma. En la porción centro-sur del área el análisis por el método  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en feldespato potásico indica un enfriamiento rápido de 28 a 23 Ma y otro relativamente más lento de 23 a 20 Ma. De igual forma, en la parte este del área, una muestra de la superficie de la falla El Amol registro un enfriamiento rápido de 22 a 17 Ma. En la porción noroeste del área de estudio dos muestras analizadas por el método  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  no registran enfriamiento rápido reciente (<30 Ma). En esta porción una edad trazas de fisión en apatita de 23 ± 4 Ma con una longitud promedio de trazas de 14.29 µm, indica un enfriamiento rápido a esta edad. En la porción noreste del área de estudio una muestra analizada por  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en feldespato potásico registra un enfriamiento rápido de 25 a 22 Ma y otro relativamente más lento de 22 a 19 Ma. En esta porción, el análisis por trazas de fisión en apatita de una muestra indica una edad de 11±1 Ma y una longitud promedio de trazas de 14.25 µm, indicando un enfriamiento rápido a esta edad.

Un análisis comparativo con estudios termocronológicos previos realizados en el complejo de núcleo metamórfico de la Sierra de Mazatán que se localiza 90 km al sur de la Sierra de Aconchi indica que la exhumación fue contemporánea en ambas sierras. Sin embargo, la falla El Amol no presenta las características de una deformación dúctil y por ende sugiere que las rocas exhumadas de la Sierra de Aconchi pertenecen a un nivel cortical más somero que en la Sierra de Mazatán.

El ejemplo de las sierras de Aconchi y de Mazatán sugiere que dichas sierras corresponden a segmentos caracterizados por tasas de extensión y de exhumación distintas y sentidos opuestos de desplazamiento relativo del bloque de techo, separados por zonas de acomodamiento que tienen

una dirección equivalente a la dirección principal de extensión.

**ANÁLISIS GEOCRONOLÓGICO  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  EN  
PÓMEZ: CONTRIBUCIÓN AL ESCLARECIMIENTO  
DE LA EDAD EN LAS IGNIMBRITAS  
HIPERALCALINAS DEL NW DE MÉXICO.**

Alejandra Marisela Gómez-Valencia<sup>1</sup>, Vidal-Solano  
Jesús Roberto<sup>1</sup> y Margarita López-Martínez<sup>2</sup>  
[alejandram.gomezv@correoa.uson.mx](mailto:alejandram.gomezv@correoa.uson.mx)

<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.*

### Introducción

Diversos métodos geocronológicos han sido aplicados a los depósitos ignimbríticos hiperalcalinos del NW de México de acuerdo con los datos reportados en la literatura. Dentro de los más comunes destacan, K-Ar y Ar-Ar, tanto en roca total como en sanidina y, U-Pb en zircón. Estos han determinando con precisión distintas edades, todas comprendidas, dentro del Mioceno medio y, que aunadas a la gran similitud en mineralogía y composición química de todos los depósitos, apoya fuertemente una correlación litológica desde el pie de la Sierra Madre Occidental en Sonora, hasta el norte de Baja California.

Esta amplia extensión geográfica de los depósitos en la ignimbrita, ha resultado ser un marcador stratigráfico relevante dentro del marco geológico regional. Sin embargo, la integración de todas las determinaciones geocronológicas hasta ahora reportadas en la literatura para esta unidad, conforma un amplio rango de edades, que varía desde 11.6 hasta 12.8 Ma, haciendo difícil la distinción de grupos.

Los resultados paleomagnéticos en esta ignimbrita, indican que todos las exposiciones estudiadas hasta el momento tienen la misma dirección de remanencia paleomagnética (Stock et al., 2008). Esto sugiere que podría tratarse de una misma unidad de emplazamiento. De ser así, esta corriente piroclástica densa, habría atravesado por lo menos 100 km hacia el Oeste en Baja California y,

más de 200 km hacia el interior de Sonora repartiéndose de Norte a Sur a lo largo de 125 km. Con el objetivo de averiguar si el Argón contenido en la pómez, puede proporcionar resultados valiosos en el esclarecimiento sobre la edad de estos depósitos piroclásticos, se llevaron a cabo dos experimentos que son aquí presentados.

### Ubicación y caracterización de las pómez estudiadas

Este trabajo se realizó con dos muestras de pómez diferentes. Una obtenida en Sonora (muestra EB06-03) dentro del área de El Bajío localizada a 35km al NW de Hermosillo y, la otra, tomada en Baja California (muestra JUN08-02U) dentro de la localidad de Arroyo el Junco ubicado a 25 km al NW de Cataviñá.

Se trata de dos pómez que no se correlacionan stratigráficamente. Por un lado, la pómez analizada en Sonora, proviene de una lapillita color beige de 5m de espesor, que es sobreyacida concordantemente por una ignimbrita hiperalcalina bien soldada. Por otro lado, la pómez estudiada en Baja California, corresponde a una litofacie basal, no soldada, dentro de un depósito ignimbrítico hiperalcalino. Esta unidad de 15-20m de espesor, cubre discordantemente a un conglomerado polimictico conformado por una toba vítrea moderadamente soldada y con abundantes pómez estiradas de color blanco, gris y beige con diámetros de 0.5mm a 15cm (Gómez-Valencia et al., 2008).

La composición mineralógica y química de las muestras analizadas es también distinta. La pómez EB06-03 es una dacita ligeramente porfirica con fenocristales de plagioclasa, mientras que la JUN08-02U es una riolita poco porfídica de feldespato alcalino. Ambas muestras se encuentran muy frescas y libres de amígdalas.

### Metodología

Las mediciones isotópicas de Argón en ambas muestras se realizaron en el Laboratorio de Geocronología del CICESE con un espectrómetro de masas MS-10. Su preparación se hizo siguiendo la metodología de dicho laboratorio (Cerca-Martínez et al., 2000). Estas muestras fueron previamente irradiadas en el reactor de investigación de la Universidad de McMaster en Canadá.

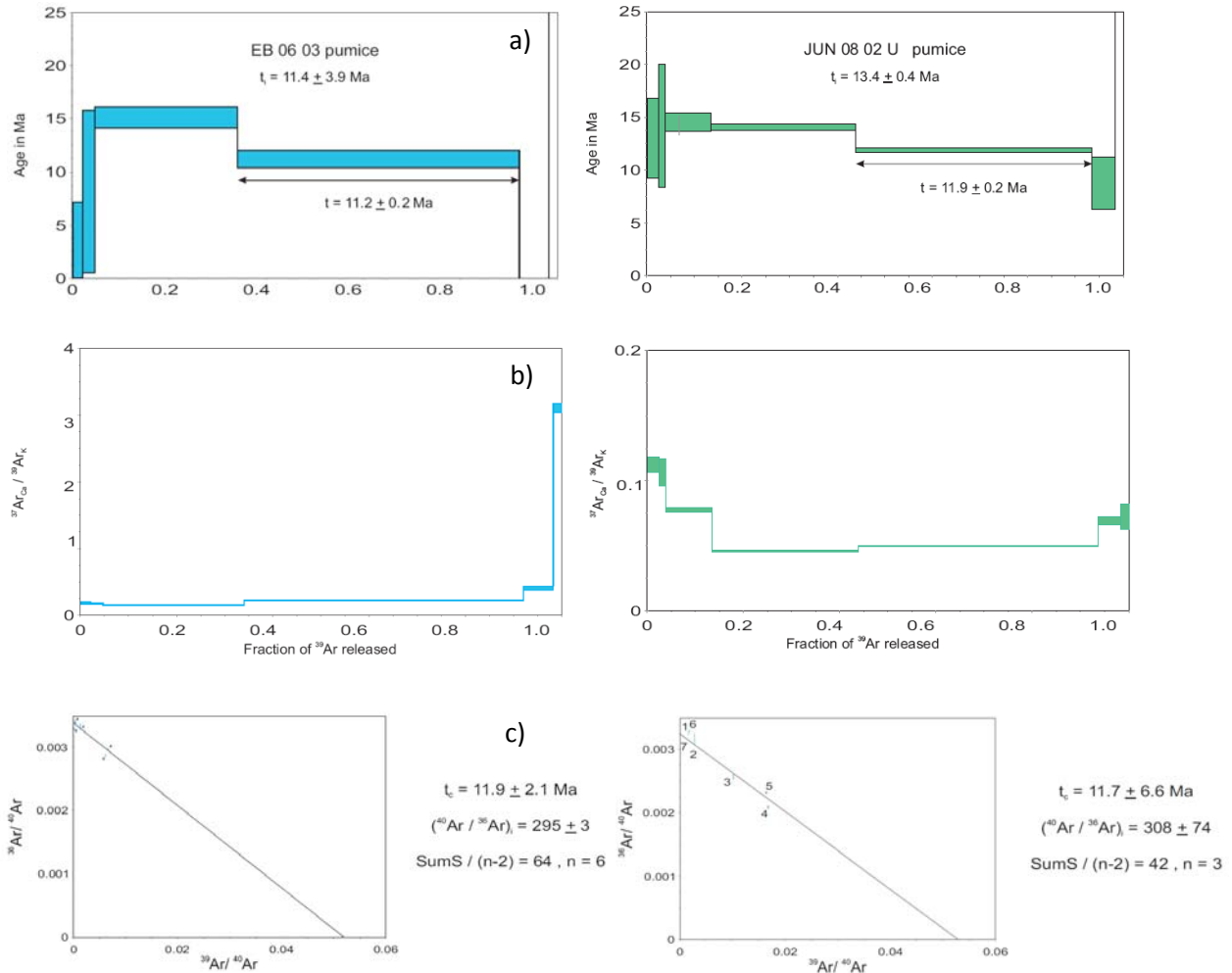


Figura 1.- (a) Espectro de edad para las muestras analizadas; las flechas indican la mejor estimación propuesta;  $t_i$ , edad integrada. (b) Diagramas de comparación  $^{37}\text{Ar}_{\text{Ca}} / ^{39}\text{Ar}_{\text{K}}$  para las muestras estudiadas. (c) Diagramas de correlación  $^{36}\text{Ar} / ^{40}\text{Ar}$  vs  $^{39}\text{Ar} / ^{40}\text{Ar}$ ;  $t_c$ , edad calculada.

Se utilizó la sanidina TCR-2 ( $27.87 \pm 0.04$  Ma) como monitor de irradiación. El experimento se llevó a cabo calentando por pasos los fragmentos de la muestra en un horno de resistencia con temperatura regulada.

Para el procesamiento de los datos se aplicaron correcciones por decaimiento de  $^{37}\text{Ar}$ ,  $^{39}\text{Ar}$ , y por reacciones de interferencia de Ca, K y Cl. Para la corrección por discriminación del espectrómetro de masas se utilizó una muestra volcánica de edad “cero”. Las edades obtenidas se graficaron en seudoespectros utilizando la fracción relativa de  $^{39}\text{Ar}$  para facilitar la comparación de los resultados (Figura 1a y 1b). En estos experimentos se reporta el promedio ponderado de los resultados

incluyendo la incertidumbre en J ( $(3.4401 \pm 0.0195) \times 10^{-3}$ ). También se graficaron los resultados en diagramas de correlación  $^{36}\text{Ar} / ^{40}\text{Ar}$  vs  $^{39}\text{Ar} / ^{40}\text{Ar}$  (Figura 1c).

### Resultados

Los resultados obtenidos en 7 pasos de calentamiento muestran (Tabla 1 y 2), que a  $800^\circ\text{C}$ , ambas muestras liberan la mayor fracción de  $^{39}\text{Ar}$  (49-58%), reproduciendo una edad de  $11.2 \pm 0.2$  Ma para la muestra EB06-03 y de  $11.9 \pm 0.2$  Ma para la JUN08-02U. Estos valores son considerados las mejores estimaciones debido, primero, a que son congruentes con los valores obtenidos en el cálculo de la isócrona y con el rango de edades reportadas en la literatura para estas unidades y, segundo, a que

son consistentes con la temperatura de enfriamiento y con la relación K/Ca en la concentración de estos tipos de lava.

### Discusión

A pesar de su constitución vítrea, por lo general, los materiales pumícticos son malos geocronómetros por el método Ar-Ar. Esto se debe, en parte, al alto grado de microvesicularidad presente en esos materiales, que puede dar cabida a minerales secundarios y a una serie de gases dentro de los cuales puede existir una alta concentración de Argón atmosférico.

La estimación de la edad aquí presentada para la pómez hipercalcina JUN08-02U ( $11.9 \pm 0.2$  Ma), resulta ser poco más joven que la mayoría de los valores geocronológicos reportados en la literatura ( $\sim 12.3$  y  $\sim 12.6$  Ma) y obtenidos a partir de cristales de sanidina. Esta diferencia puede deberse, al hecho de que las edades obtenidas en los cristales de sanidina, no representa la edad de la erupción, sino diversas edades de cristalización asociadas a una alta residencia y fraccionamiento de los magmas en la corteza superior, como ha sido expuesto por los estudios isotópicos encaminados a la petrogénesis de estas rocas (Vidal-Solano et al., 2008).

Tabla 1. Resultados obtenidos para cada calentamiento.

EB 06 03							
Temp °C	F <sup>39</sup> Ar	<sup>39</sup> Ar <sub>cum</sub>	Age in Ma	% <sup>40</sup> Ar <sub>atm</sub>	% <sup>40</sup> Ar*	<sup>37</sup> Ar <sub>Ca</sub> / <sup>39</sup> Ar <sub>K</sub>	
200	0.0219	0.0219	- 24.3 ± 31.4	100.75	- 0.75	0.19	1
400	0.0246	0.0465	8.1 ± 7.6	98.35	1.65	0.17	2
600	0.2938	0.3403	15.1 ± 0.3	85.16	14.84	0.16	4
800	0.5802	0.9205	11.2 ± 0.2	87.92	12.08	0.22	5
1000	0.0621	0.9826	- 32.7 ± 23.2	101.37	- 1.37	0.41	6
1350	0.0174	1.0000	153.5 ± 52.6	97.37	2.63	3.11	7

Resultados Integrados						
<sup>39</sup> Ar	<sup>40</sup> Ar*/ <sup>39</sup> Ar <sub>K</sub>	Age in Ma	<sup>37</sup> Ar <sub>Ca</sub> / <sup>39</sup> Ar <sub>K</sub>	% <sup>40</sup> Ar <sub>atm</sub>	% <sup>40</sup> Ar*	<sup>40</sup> Ar/ <sup>36</sup> Ar
1.008E-06	1.84 ± 0.63	11.4 ± 3.9	0.26	97.28	2.72	303.8

Porcentaje peso en	%K	% CaO	ppm Cl
0.2125	1.25	0.46	11

JUN 08 02 U							
Temp °C	F <sup>39</sup> Ar	<sup>39</sup> Ar <sub>cum</sub>	Age in Ma	% <sup>40</sup> Ar <sub>atm</sub>	% <sup>40</sup> Ar*	<sup>37</sup> Ar <sub>Ca</sub> / <sup>39</sup> Ar <sub>K</sub>	
200	0.0252	0.0252	13.0 ± 3.8	96.54	3.46	0.11	1
400	0.0141	0.0394	14.2 ± 5.8	93.55	6.45	0.11	2
500	0.0956	0.1349	14.5 ± 0.8 †	76.10	23.90	0.08	3
600	0.3035	0.4384	14.1 ± 0.3 †	61.81	38.19	0.05	4
800	0.4966	0.9350	11.9 ± 0.2 †	68.50	31.50	0.05	5
1000	0.0486	0.9836	8.8 ± 2.5	97.44	2.56	0.07	6
1350	0.0164	1.0000	54.4 ± 7.3	94.96	5.04	0.07	7

Resultados Integrados						
<sup>39</sup> Ar	<sup>40</sup> Ar*/ <sup>39</sup> Ar <sub>K</sub>	Age in Ma	<sup>37</sup> Ar <sub>Ca</sub> / <sup>39</sup> Ar <sub>K</sub>	% <sup>40</sup> Ar <sub>atm</sub>	% <sup>40</sup> Ar*	<sup>40</sup> Ar/ <sup>36</sup> Ar
2.270E-06	2.17 ± 0.07	13.4 ± 0.4	0.06	83.80	16.20	352.6

Concentraciones Estimadas			
Porcentaje peso en	%K	% CaO	ppm Cl
0.1639	2.81	0.22	26

## Conclusión

Los resultados preliminares, encontrados en este trabajo, sobre la utilización de muestras de pómez en la geocronología  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ , vislumbra la posibilidad de estimar edades que se aproximan más a la edad de la erupción. En este caso, la utilización de este geocronómetro puede contribuir enormemente al esclarecimiento de la edad de las ignimbritas hiperalcalinas en el NW de México.

## Referencias citadas:

- Cerca-Martínez L.M., Aguirre-Díaz G., López Martínez M., 2000, The geologic evolution of southern Sierra de Guanajuato, México: A documented example of the transition from the Sierra Madre occidental to the Mexican Volcanic Belt: *International Geology Review*, 42(2), 131-151.
- Gómez-Valencia Alejandra Marisela, Olguín-Villa Angel Enrique, Vidal-Solano Jesús Roberto<sup>1</sup>, Stock Joann M., 2008, Estudio de los mecanismos eruptivos del volcanismo hiperalcalino en el Noroeste de México (Sonora y Baja California): 1er congreso sobre la evolución geológica y ecológica del Noroeste de México, pp. 111-112.
- Stock M.J., Martín-Barajas A., Vidal-Solano J.R., Paz-Moreno F., Chapman A. y Hernández-Méndez G., 2008, Nuevas observaciones de la distribución de la Toba de San Felipe, Baja California y Sonora. Reunión Anual 2008 de la Unión Geofísica Mexicana., en prensa.
- Vidal-Solano J.R., Lapiere H., Stock M.J., Demant A., Paz-Moreno F.A., Bosch D., Brunet P., and 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. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, t. 179, no 5, pp. 453-461.

## GEOCRONOLOGÍA K-Ar *IN SITU* COMBINANDO ESPECTROMETRÍA DE MASAS DE GASES NOBLES Y ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN INDUCIDA POR LÁSER.

Jesús Solé

[jsole@geologia.unam.mx](mailto:jsole@geologia.unam.mx)

*Departamento de Geoquímica, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Universitaria, 04510 México DF*

La geocronología K-Ar es uno de los métodos clásicos de datación, probablemente el que ha producido más resultados desde que se desarrolló en 1950. En los años 60 se introdujo el método Ar-Ar, una variación del K-Ar que permite mayor resolución temporal, análisis *in situ* y exploración de la historia térmica de minerales y rocas. Este método es muy útil pero costoso, tanto materialmente como en tiempo de análisis.

Algunos trabajos particulares – como el estudio de la procedencia de sedimentos – no requieren de una resolución temporal tan elevada ni de muchas de las complejidades del Ar-Ar. Es por este motivo que se está trabajando en el desarrollo de una variedad del método K-Ar que no requiera irradiar la muestra, pero que permita medir la edad de cristales aislados o *in situ* en una sección pulida o lámina.

En la última década se ha expandido el uso de láseres en la geocronología de argón. Corrientemente se usan dos grandes grupos de láseres para este propósito, los de emisión continua, que sirven para calentar la muestra, y los pulsados, que provocan ablación.

Entre los continuos el más común es el de CO<sub>2</sub> que emite en el infrarrojo lejano (10.6 μm). Entre los pulsados los más comunes son los de Nd:YAG que emiten desde el infrarrojo cercano al ultravioleta (1064, 532, 355, 266, 213 nm) y los excímeros, principalmente el de ArF (193 nm). Un láser pulsado genera en el material irradiado un plasma transitorio de vida muy corta (microsegundos hasta milisegundos) que emite una luz intensa que es la combinación temporal de una emisión continua y otra estructurada en líneas pertenecientes a los elementos que están presentes en el plasma.



Si usamos un láser pulsado para extraer el argón de una muestra, en el mismo instante estamos generando una emisión óptica con líneas características de muchos de los elementos químicos presentes. El objetivo final de este proyecto es poner a punto un método para medir simultáneamente el argón y el potasio y por tanto obtener la edad directamente en muestras geológicas de pequeño tamaño.

Los primeros experimentos usando un láser de CO<sub>2</sub> de pulso largo (20 milisegundos) muestran que la línea de emisión del potasio es claramente visible. Estos resultados preliminares nos confirman que será posible “ver” con facilidad el potasio usando un láser pulsado de ArF. La calibración entre el Ar y el K será la dificultad más importante en la segunda etapa de desarrollo de esta técnica.

**ESTUDIO MINERALÓGICO, GEOQUÍMICO Y GEOCRONOLÓGICO DE LA VALENCIANITA (ADULARIA) DE GUANAJUATO, MÉXICO.**

Teresa Pi<sup>1</sup>, Jesús Solé<sup>1</sup>, Amabel Ortega-Rivera<sup>2</sup>,  
María Guadalupe Villaseñor<sup>1</sup>  
[jsole@geologia.unam.mx](mailto:jsole@geologia.unam.mx)

<sup>1</sup>*Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Universitaria, 04510 México DF*

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

Se presenta un estudio detallado del feldespato alcalino denominado “valencianita”. La valencianita es una variedad de adularia que se presenta formando placas con cristales de hasta 5 cm de longitud de color blanco, opacos, raramente translúcidos. Este mineral se encontró por primera vez en la mina La Valenciana, Guanajuato, de donde proceden los ejemplares que hemos estudiado.

Hemos realizado estudios petrográficos de la valencianita mediante microscopía óptica y cristalográficos mediante difracción de rayos X en polvo usando el método de Rietveld. También se han realizado análisis geoquímicos de elementos mayores y traza (FRX, ICP-MS) y análisis geocronológicos usando los métodos K-Ar y Ar-Ar. En esta presentación se mostrarán los datos con que

se cuenta actualmente y que permiten caracterizar con bastante detalle este mineral por primera vez.

**GOTERMOBAROMETRÍA Y GEOCRONOLOGÍA DEL GRUPO RÍO FUERTE, EN EL FUERTE SINALOA.**

Sergio A. Salgado Souto<sup>1-2</sup>, Ricardo Vega Granillo<sup>2</sup>,  
Víctor Valencia<sup>3</sup>, Joaquín Ruiz<sup>3</sup>,  
Saúl Herrera<sup>1</sup> y Oscar Talavera Mendoza<sup>4</sup>.  
[sergiosalgado80@yahoo.com.mx](mailto:sergiosalgado80@yahoo.com.mx)

<sup>1</sup>*Carrera de Geociencias, Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, UAH, Hermosillo, Son., 83000, México.*

<sup>2</sup>*Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Son., 83000, México.*

<sup>3</sup>*Department of Geosciences, University of Arizona, Tucson, Arizona 85718, USA.*

<sup>4</sup>*Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero, A.P. 197, Taxco Gro, 40200, México.*

Aflorando en la parte norte del Estado de Sinaloa, el Grupo Río Fuerte, previamente considerado Paleozoico y con un metamorfismo regional en la facies de esquistos verdes, está constituido por dos formaciones meta-sedimentarias denominadas Río Fuerte y Corral Falso y una secuencia predominantemente meta-volcánica llamada Formación Topaco. En este trabajo se determinaron, tanto las condiciones de presión-temperatura del metamorfismo, como la edad de seis muestras de rocas del Grupo Río Fuerte por el método de datación U/Pb en zircones.

Se realizaron análisis de la composición química de pares o conjuntos de minerales, en sitios de ubicación controlada dentro del cristal a una meta-pelita de la Formación Río Fuerte y una muestra de una anfíbolita con granate de la Formación Topaco. En las meta-pelitas, se calculó un rango de temperatura entre los 477 °C y 512°C., y un rango de presión entre los 3 y 4.5 kbars. Esto indica que las rocas de la Formación Río Fuerte fueron sometidas a un metamorfismo de baja P/T tipo Buchan o Abukuma. Por su parte, en la Formación Topaco, se calculó un rango de temperatura entre 527°C y 595°C, y un rango de presión entre 6.5 y 7.4 kbars, lo cual indica que esta formación sufrió un metamorfismo de media P/T

tipo Barroviano. Estas condiciones dispares de metamorfismo indican que ambas formaciones fueron sometidas a dos eventos distintos de metamorfismo regional.

Por otra parte, las rocas de las formaciones Río Fuerte, Corral Falso, así como cuarcitas consideras hasta este trabajo como miembro inferior de la Formación Topaco, mostraron edades máximas de depósito que varían entre 500 y 450 Ma. Asimismo, las edades obtenidas en el miembro superior de la Formación Topaco, la Riolita Nodular y el Granito Deformado Cubampo son:  $151.5 \pm 1.2$  Ma,  $154.8 \pm 4$  Ma y  $150.8 \pm 0.73$  Ma, respectivamente. Estas nuevas edades, las relaciones de campo y la petrografía, sugieren un cambio a la estratigrafía del Grupo Río Fuerte. Así, se propone que este grupo quede constituido por una sola unidad meta-sedimentaria del Paleozoico inferior, (Formación Río Fuerte); la cual cabalga a una unidad meta-volcánica (Formación Topaco) con una edad entre el Jurásico Superior y Cretácico Inferior. Intrusionando a la Formación Río Fuerte, rocas plutónicas de diferentes espesores del Jurásico Superior (dique Cubampo y riolita nodular).

**LOS MÉTODOS ISOTÓPICOS DE Lu-Hf Y U-Pb EN ZIRCONES INDIVIDUALES: INFORMACIÓN DISTINTA SOBRE LA EDAD Y EL ORIGEN DEL MESOPROTEROZOICO DE MÉXICO.**

Bodo Weber<sup>1</sup>, Eric E. Scherer<sup>2</sup> y Klaus Mezger<sup>2</sup>  
[bweber@cicese.mx](mailto:bweber@cicese.mx)

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

<sup>2</sup>*Institut für Mineralogie, Universität Münster, Alemania*

El método isotópico Lu-Hf se basa en el decaimiento del  $^{176}\text{Lu}$  al  $^{176}\text{Hf}$ , un elemento con alto potencial iónico similar al Zr, por lo que las concentraciones de Hf en el mineral zircón alcanzan

hasta >1%. 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. Para obtener tanto razones isotópicas como las razones de Lu/Hf y de U/Pb de los zircons individuales se aplica dilución isotópica. La separación de todos los elementos se hace por cromatografía en columnas con resina LN-SPEC<sup>®</sup>. Las razones isotópicas de Lu y Hf se determinaron por MC-ICPMS y las de U y Pb por TIMS. Adicionalmente, fechamientos de U-Pb con LA-MC-ICPMS permiten reconstruir fases de cristalización y re-cristalización dentro del zircón. Se presentan resultados de zircons del basamento Grenvilliano en México (Oaxaquia). Zircons de migmatitas del Complejo Oaxaqueño tienen estructuras complejas con edades entre ~1250 y ~950 Ma. Zircons de rocas asociadas con anortositas no presentan núcleos, pero aún así sus edades varían de los bordes a los centros, indicando así re-cristalización sin re-equilibración isotópica.

$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(i)}$  de los zircons del Complejo Oaxaqueño varían entre 0.28215 y 0.28224 ( $\epsilon_{\text{Hf}(i)} = +5$  a  $+8$ ) y los valores no dependen de la presencia de núcleos heredados. Lo mismo se observa en zircons del Gneis Novillo y del Complejo Guichicovi.

Los resultados indican que las rocas se formaron a partir de una corteza poco contaminada cuya edad modelo  $T_{\text{DM(Hf)}}$  se puede estimar entre ~1.5 y ~1.6 Ga. Las rocas asociadas con anortositas no indican contribución significativa del manto. Como excepción, zircons del gneis Molango (Hidalgo) tienen núcleos más antiguos y el  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(i)}$  más bajo (0.28209) indicando así la aportación de corteza más antigua. En conclusión, la combinación de fechamientos por U-Pb con análisis isotópicos de Hf en zircons permite caracterizar diferentes historias de origen en rocas de la corteza inferior.

**MARTES 07 – CUARTA SESIÓN: HIDROGEOQUÍMICA****HIDROGEOQUÍMICA Y BALANCE DE AGUA DE LAS CUENCAS DE ATEMAJAC Y TOLUQUILLA, JALISCO.**

Eva Lourdes Vega-Granillo<sup>1</sup>, Juan Eduardo López-Romero<sup>2</sup> y Marco Antonio Ramírez-Murillo<sup>3</sup>  
[lvega@geologia.uson.mx](mailto:lvega@geologia.uson.mx)

<sup>1</sup>*Depto. de Geología, Universidad de Sonora*

<sup>2</sup>*Geólogo consultor.*

<sup>3</sup>*Geoex, S.A. de C.V.*

**Introducción**

Los pozos para el abastecimiento público urbano de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) se localizan dentro de las cuencas hidrológicas de Atemajac y Toluquilla, cuyos acuíferos aportaron en el 2003 el 30.98 % de un volumen total producido de 272.04 Mm<sup>3</sup>, que incluye las fuentes superficiales de suministro: Lago de Chapala (57.16 %), presas Elías González Chávez “Calderón” y La Red (10.42 %) y manantiales (1.44 %).

El área evaluada está comprendida entre las latitudes norte 20° 19' y 20° 54' y entre las longitudes 103° 05' y 103° 35' al oeste del meridiano de Greenwich. La Cuenca de Atemajac al norte, cubre una superficie de 650 km<sup>2</sup> y la de Toluquilla al sur, de 513 km<sup>2</sup>. En la primera cuenca está fundada Guadalajara, segunda ciudad en importancia del país; mientras que en la segunda se desarrolla la zona agrícola e industrial más importante de la región.

**Geología**

Desde el punto de vista fisiográfico, el área se ubica en el sector occidental de la provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), muy próxima al sur de la frontera con la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental (SMO).

La ciudad de Guadalajara está ubicada a 45 km al norte de la llamada “área de unión triple”, sector que marca la intersección de tres fosas tectónicas extensionales o “rifts” mayores del sector

occidental de la FVTM conocidos como: Chapala, Tepic-Zacoalco y Colima.

El relieve está dominado por rasgos geomorfológicos de origen volcánico, donde el Complejo Volcánico La Primavera (CVLP) y la Cadena Volcánica Sur de Guadalajara (CVSG), representan los rasgos volcánicos más notables de la región de Guadalajara.

Se lograron establecer, de la más antigua a la más reciente, las unidades estratigráficas mayores: Grupo Río Santiago, Grupo Guadalajara inferior, Grupo Guadalajara superior, Lavas máficas cubiertas por flujos de riolacita, Conos cineríticos, flujos de lavas, diques, brechas y escoria de composición basáltica y andesítica de la CVSG, Toba Tala, Domos riolíticos y flujos de lava félsica del CVLP y Depósitos aluviales.

**Hidrogeología**

En ambas cuencas se contabilizaron un total de 2,446 aprovechamientos, de los cuales en la cuenca hidrológica de Atemajac existen 1,220 (49.9%) y en la de Toluquilla 1,226 (51.1%). A este censo se debe agregar un mínimo de 6 % de obras irregulares.

Los usos del agua en la Cuenca de Atemajac son: industrial (29.3 %), público urbano (22.7%) y agrícola (19.4%); mientras que en Toluquilla son: agrícola (66.5%) y público urbano (14.2%). Alrededor del 60% de los aprovechamientos son pozos y el 40% norias.

Ambas cuencas registran abatimientos de los niveles de agua subterránea, originados por la sobreexplotación de los acuíferos y por sus características físicas e hidráulicas.

Se reconocen 3 tipos de acuíferos en el área:

1. Acuífero volcánico basal del Mioceno tardío - Plioceno. Emplazado en rocas fracturadas y/o alteradas de los grupos Río Santiago y Guadalajara superior e inferior.
2. Acuífero volcánico del Plio-Pleistoceno. Emplazado en rocas máficas fracturadas y/o

alteradas de la CVSG y/o basaltos – riodacitas del sur de la cuenca de Toluquilla.

3. Acuífero granular del Pleistoceno. Emplazado en los materiales piroclásticos granulares porosos de la Toba Tala.

En la Cuenca de Atemajac se obtuvieron rangos promedio de transmisividad de  $3.81 \times 10^{-5}$  a  $2.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ , mientras que en Toluquilla de  $2.26 \times 10^{-5}$  a  $2.23 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ .

### Hidrogeoquímica

En la presente investigación se tomaron 48 muestras de agua en total, correspondiendo 29 a la Cuenca de Atemajac y 19 a la de Toluquilla. Las aguas se analizaron por diversos parámetros físico-químicos entre los que sobresalen:

- La temperatura en la cuenca hidrológica de Atemajac se manifestó con predominio entre  $25^\circ$  y  $30^\circ\text{C}$ , mientras que en la Cuenca de Toluquilla aparece por zonas, llegando a  $30\text{-}35^\circ\text{C}$  en pozos con profundidades mayores a los 200 m.
- La distribución espacial de los STD en la Cuenca de Atemajac, muestra en el sector NW agua de *excelente* calidad ( $<150$  ppm), y en la ZMG se tiene agua de *buena* calidad (150-500 ppm). En la porción NW de la Cuenca de Toluquilla también se tiene agua de *excelente* calidad; en los aprovechamientos con profundidades  $<200$  m ubicados al SW, N y E de la cuenca existe agua de *buena* calidad y concentraciones  $>500$  ppm STD o agua de calidad *permisible*, *dudosa* e *inservible* se identificó en la zona centro-sur del valle de Toluquilla y en algunos pozos de más de 200 m de profundidad (alojados en zonas de fracturamiento profundo, ligadas a manifestaciones geotermales).
- La alcalinidad en ambas cuencas está dentro de los límites permisibles, excepto algunos pozos profundos de la Cuenca de Toluquilla (800-1,400 mg/L). La dureza en la Cuenca de Atemajac varía de *suave a dura*, en Toluquilla va de *suave a muy dura*.

- En general el Na, Mg y Ca están dentro de los límites establecidos por la norma.
- Existe F arriba de la norma en la Cuenca de Atemajac y al poniente de Toluquilla. Se presentó una sola anomalía de sulfatos en la Cuenca de Atemajac.
- Los nitratos se manifestaron en norias y manantiales de manera impactante (procesos de contaminación exógenos relacionados con aguas residuales procedentes de fugas en las redes municipales de drenaje).
- Las concentraciones de bicarbonatos reportados en norias y manantiales se consideran permisibles (400-1,000 mg/L zona central valle de Toluquilla).
- El Fe se presenta con valores significativos en algunos pozos profundos en la cuenca de Atemajac (oxidación de minerales ferromagnesianos accesorios de las rocas máficas del Grupo Río Santiago y eventualmente por enmohecimiento de ademes acero-carbón).
- También en Toluquilla se tienen altas concentraciones de Fe en pozos profundos.
- El arsénico reportó valores anómalos puntuales en 8 pozos (aparentemente ligados a procesos endógenos volcanogénicos y/o geotermales).

### Interpretación Geoquímica

De acuerdo a las clasificaciones de Piper y Stiff elaboradas, la familia de agua dominante en la Cuenca de Atemajac es la *Bicarbonatada sódica* ( $\text{Na HCO}_3$ ).

En algunas zonas de menor cobertura, se manifiestan otros iones en baja proporción. Hacia el norte del Complejo Volcánico La Primavera se localiza una zona con agua *Clorurada-sulfatada sódica* ( $\text{Na Cl-SO}_4$ ), caracterización aparentemente inducida por sistemas geotermales activos que alcanzan el acuífero semiconfinado a través de fallamiento cortical profundo.

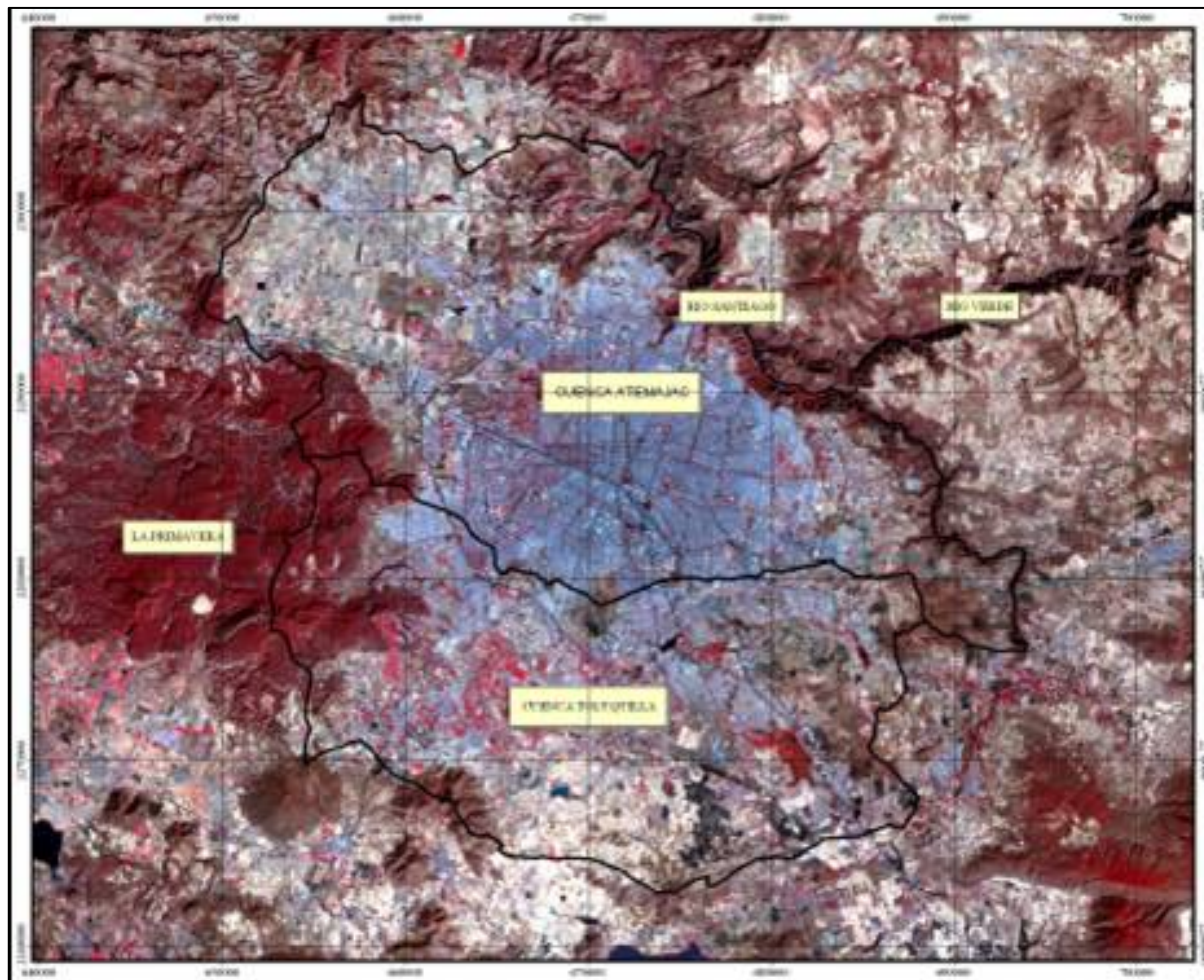


Figura 1. Localización de las cuencas.

Dentro del perímetro de la ZMG existen aprovechamientos que reportan puntualmente la presencia del ión cloruro, manifestaciones que se interpretan como producto de las actividades antropogénicas en la zona y/o fugas de la red de distribución de agua potable.

Sólo se presentó una anomalía puntual de sulfatos en la Cuenca de Atemajac. Pueden ser generados por lixiviación de sulfuros primarios de hierro, disolución de minerales secundarios de yeso y/o actividades antropogénicas, procesos que son favorecidos por la acción del agua meteórica y las fugas de las redes municipales de drenaje y agua potable.

En el sector oriental de la Cuenca de Atemajac existen minerales carbonatados de origen

secundario caracterizando localmente una familia *Bicarbonatada cálcica* ( $\text{Ca HCO}_3$ ).

En el valle de Toluquilla las aguas subterráneas que sobreyacen al medio fracturado se clasifican como *Bicarbonatada sódica* ( $\text{Na HCO}_3$ ). En los pozos con profundidades mayores a 200 m, emplazados en el medio fracturado y ubicados en la parte central de la cuenca, se presentan elevadas concentraciones de los iones Ca y Mg, elementos que incrementan notablemente la dureza del agua. Hacia el S y SW de la cuenca, se caracterizó una familia *Bicarbonatada magnésico-sódica* ( $\text{MgNa HCO}_3$ ), caracterización que se interpreta influenciada por procesos endógenos volcanogénicos y/o geotermiales.

De acuerdo a la caracterización de familias de agua encontradas en la Cuenca de Toluquilla, se

recomienda implementar sistemas de ablandamiento en las fuentes profundas de abastecimiento.

### Balance de agua

La ecuación del balance general de un acuífero puede representarse como:

$$Eh + Rp + Rr + Ri - (Sh + Et + Dm + B) = \pm S$$

donde:

*Eh* = entrada horizontal de agua subterránea,

*Rp* = infiltración en el terreno procedente de la precipitación,

*Rr* = infiltración por retorno de riego agrícola,

*Ri* = recarga inducida o artificial,

*Sh* = salida horizontal de agua subterránea,

*Et* = evapotranspiración de agua del terreno,

*Dm* = descarga de agua subterránea a ríos, manantiales,

*B* = extracción (bombeo) de agua subterránea,

$\pm S$  = variación en el almacenamiento (final - inicial).

El término de las entradas y salidas subterráneas (*Eh* y *Sh*) se puede calcular si se conocen las transmisividades, los gradientes piezométricos y la longitud del contorno afectado. En zonas agrícolas, se debe calcular el término de infiltración por riego procedente de los campos (*Rr*). La descarga a ríos y a manantiales (*Dm*) se conoce por medio de aforos; sin embargo la recarga y descarga en los cauces no siempre es fácil de evaluar. La recarga artificial o inducida (*Ri*) y el bombeo (*B*) se obtienen a partir de datos oficiales.

Se consideró que para las cuencas en estudio debían eliminarse los términos *Rr* y *Et*, ya que la Zona Metropolitana de Guadalajara ocupa la mayor parte de esta cuenca, provocando que estos términos sean no significativos o despreciables. También se incluyeron en la Recarga vertical, la Infiltración por lluvia y la Recarga inducida o artificial, esta última producto de las fugas del sistema de agua potable y alcantarillado de la ciudad.

Reagrupando los términos la ecuación de balance queda:

$$Eh + Rv - (Sh + Dm + B) = \pm S$$

En vista de que se calcularon todos los términos excepto la Recarga vertical, fue considerada como la incógnita del balance. Las entradas y salidas horizontales de agua subterránea fueron calculadas sobre una red de flujo, con celdas

construidas sobre un plano de configuración de nivel estático. En cada celda se midió la diferencia entre cargas hidráulicas (*dh*), la distancia entre líneas equipotenciales (*dl*) y entre líneas de flujo (*B*), y se consignaron las coordenadas del punto medio. El caudal de agua que pasa por cada celda ( $m^3/s$ ), se obtuvo multiplicando la transmisividad (*T*) de cada celda por los valores antes mencionados, usando la fórmula:

$$Q = T B dh/dl$$

Sustituyendo los datos calculados en la ecuación de balance, queda para la Cuenca de Atemajac:

$$\begin{array}{rcccccc} Eh & + & Rv & - & (Sh + Dm + B) & = & \pm S \\ 43.450 & + & Rv & - & (28.828 + 7.663 + 87.305) & = & - 38.18 \end{array}$$

despejando la recarga vertical se obtiene un valor de **42.166 Mm<sup>3</sup>**. Sumando la recarga vertical a las entradas horizontales de agua, se tiene una recarga total **Rt = 85.616 Mm<sup>3</sup>** para la Cuenca de Atemajac. Los cálculos para la Cuenca de Toluquilla fueron:

$$\begin{array}{rcccccc} Eh & + & Rv & - & (Sh + Dm + B) & = & \pm S \\ 11.786 & + & Rv & - & (42.88 + 2.428 + 59.763) & = & - 16.96 \end{array}$$

despejando el término de recarga vertical se obtiene un valor de **76.325 Mm<sup>3</sup>/año**.

### Conclusiones

Se puede concluir que la calidad del agua en la Cuenca de Atemajac varía de buena a excelente y en la Cuenca de Toluquilla de permisible, dudosa e inservible a excelente calidad. Los diagramas de Piper y Stiff muestran que la familia de agua dominante es la Bicarbonatada sódica.

Respecto al balance de agua, los almacenamientos negativos y las recargas calculadas no se consideran suficientes para suministrar agua a una población en constante crecimiento, por lo que se recomienda a los organismos encargados de su administración, buscar fuentes alternativas de abastecimiento, así como cuidar la calidad del agua existente.

### Referencias citadas:

Ariel Consultores, S.A., 1990. Estudio geohidrológico en la zona de Tesistán-Atemajac, Estado de Jalisco. Comisión

Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas, Contrato SGA-89-47, reporte interno (inédito).

Comisión Nacional del Agua, 2000. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Amara, Estado de Jalisco. Gerencia de Aguas Subterráneas. 25 pp.

Custodio, E. y Llamas, M.R., 1996. Hidrología Subterránea. Ediciones Omega, II Tomos. 2347 pp.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1993. Estudio hidrogeoquímico e isotópico de la zona de Toluquilla-Ocotlán-La Barca en el Estado de Jalisco. Coord. Tecnol. Sist. Hid. 152 pp.

### ESTUDIO HIDROGEOQUÍMICO EN LA CUENCA DE SANTIAGO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO.

Jobst Wurl, Pablo Hernández-Morales, Miguel A. Imaz-Lamadrid y Cynthia Nayeli Martínez-García  
[jwurl@uabcs.mx](mailto:jwurl@uabcs.mx)

*Universidad Autónoma de Baja California Sur, carretera al sur Km 5.5, 23080 La Paz, BCS, México.*

### Introducción

La región en el sur de la península de Baja California, es una zona de gran importancia natural y económica. Durante la última década se ha convertido en la región de mayor tasa de crecimiento urbano debido al desarrollo de actividades turísticas. Con el incremento poblacional crece también la demanda del recurso agua que, a causa de las condiciones desérticas de la región, proviene principalmente de los acuíferos. La segunda cuenca mas grande en el sur de la península representa la de Santiago con un área de 1004.4 Km<sup>2</sup>.

### Localización

El área está localizada en la parte sur oriental del estado de Baja California Sur; al SE de la ciudad de La Paz, capital del estado; y al norte de la ciudad de San José del Cabo (Fig. 1). El acceso principal a la zona es por la carretera Transpeninsular Federal No. 1, La Paz–San José del Cabo.

### Condiciones hidrogeológicas

La cuenca está caracterizada por un clima árido-cálido, con una temperatura media anual entre

18° C y 22° C y lluvias en verano. La precipitación media anual es de 300mm mientras la evaporación potencial anual alcanza valores entre 1.8 y 2.0 m.

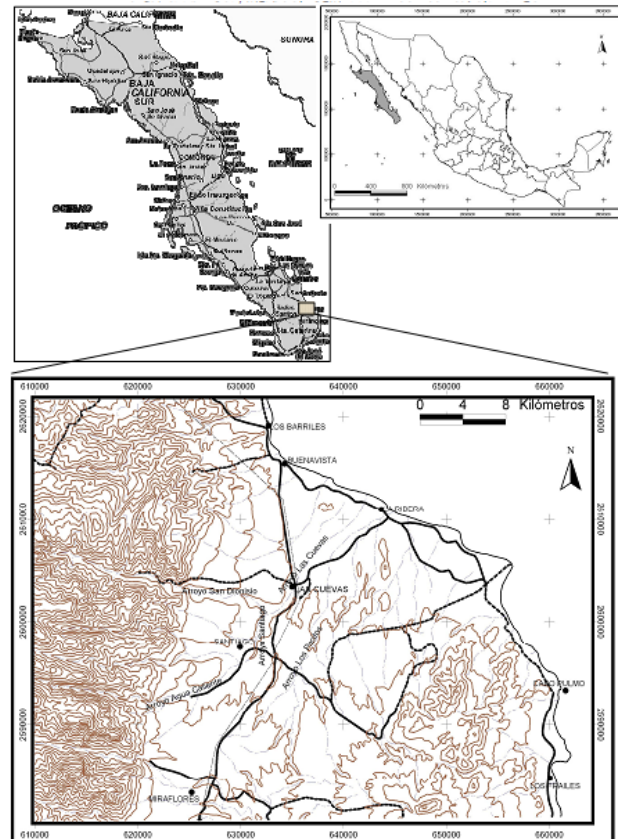


Figura 1. Localización del área de estudio.

La Cuenca de Santiago está constituida principalmente por rocas ígneas y sedimentarias, de edad del Mesozoico al reciente (Figura 2). El sistema acuífero posee un medio poroso y uno fracturado, siendo la importancia de este último, que retiene y aporta una cantidad considerable de agua meteórica al medio poroso; clasificándose el acuífero poroso principal como de tipo libre y costero. El agua subterránea es utilizada para agrícola y ganadero y el consumo humano, principalmente. La evolución de los niveles estáticos, muestran que el acuífero no ha tenido cambios drásticos en un periodo de 15 años, mostrándose una recuperación para los últimos años este periodo en las zonas donde se tenía un abatimiento.

La recarga media del acuífero Santiago según Diario Oficial de la Federación el 31 de enero del 2003 es de 24.5 Millones de metros cúbicos, de los cuales 4.6 Mm<sup>3</sup> corresponden a la descarga natural comprometida y 15.09 Mm<sup>3</sup> al volumen concesionado de aguas subterráneas. De tal manera resta una disponibilidad media de 4.8 Mm<sup>3</sup>.

Debido al aumento continuo de la extracción en los últimos cinco años (2001-2006) se estimó la extracción para el futuro hasta llegar a una igualdad entre extracción y recarga disponible según dos escenarios diferentes. El escenario optimista toma en cuenta un aumento lineal y el pesimista un aumento exponencial.

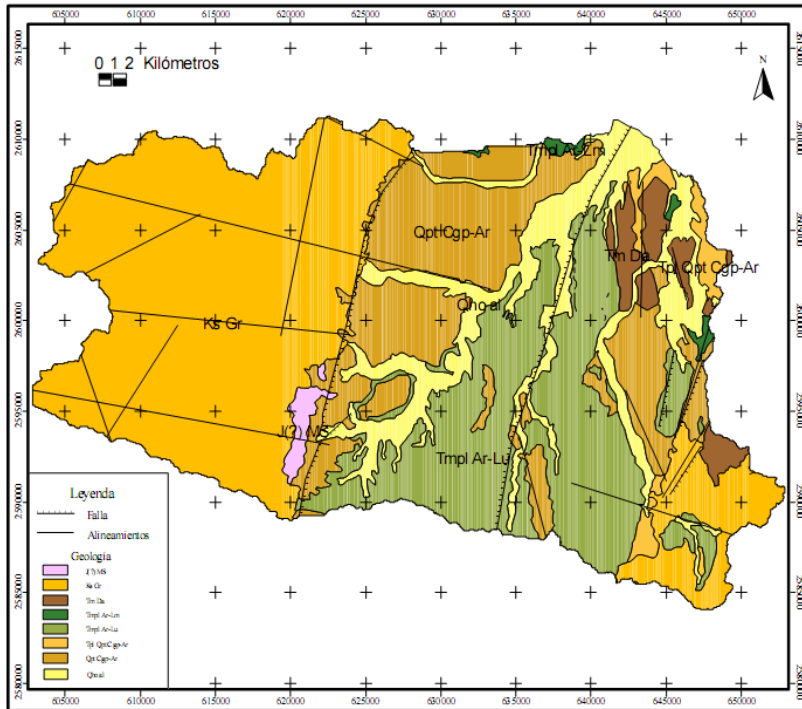


Figura 2. Plano geológico representativo de la cuenca Santiago (modificado del mapa del Servicio Geológico Mexicano).

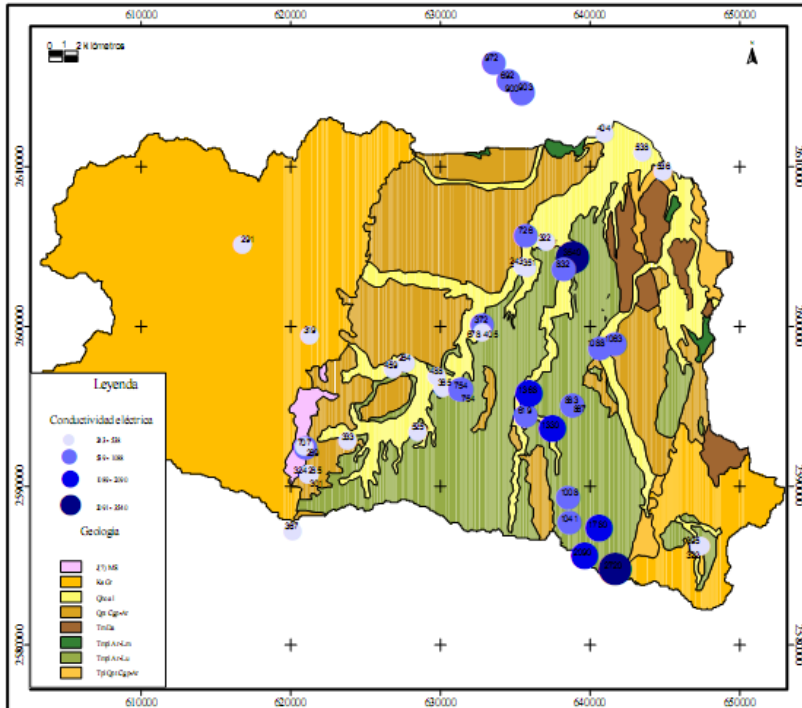


Figura 3. Rangos de conductividad eléctrica (µS/cm) en la cuenca de Santiago.



Según los escenarios la igualdad entre extracción y recarga disponible será en 2010 o en el caso más optimista en 2015. Debido al desarrollo urbano y turístico creciente, que se observa actualmente en la parte sur de la península de Baja California y el aumento en el sector agrícola, el escenario pesimista parece el más probable.

### Objetivos y metodología

El trabajo tenía el siguiente objetivo: Interpretación de la situación hidrogeoquímica de la cuenca. Se realizó un análisis hidroquímico de 47 muestras, obtenidas de pozos, norias y manantiales de la cuenca de Santiago. Los análisis de aniones fueron realizados en el campo ( $\text{HCO}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ) y en el laboratorio de la UABCS mientras los cationes se analizaron en el laboratorio del CICESE en Ensenada por medio de ICP-OES

### Resultados e interpretación

Los valores de la conductividad eléctrica registrados en la cuenca varían entre 243  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el arroyo Las Cuevas y 3540  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el pozo 14 cercano al poblado Santa Cruz (ver Figura 3). En promedio la conductividad eléctrica es de 648  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Por medio de la separación de familias de aguas mediante los cationes y aniones principales se obtuvieron 8 tipos de agua. La Figura 4 representa el porcentaje de los tipos encontrados.

El tipo de agua dominante en la cuenca de Santiago es de calcio bicarbonato (43%). Los tipos de calcio cloruro (17%) y de sodio cloruro (13%) se relaciona con posibles mezclas entre aguas dulces y aguas de la intrusión de agua. Tres muestras de agua cerca del poblado Buenavista, fuera del área de la cuenca, fueron claramente afectadas por la intrusión de agua salada.

### 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), Manganeseo, Cloruro y Cromo.

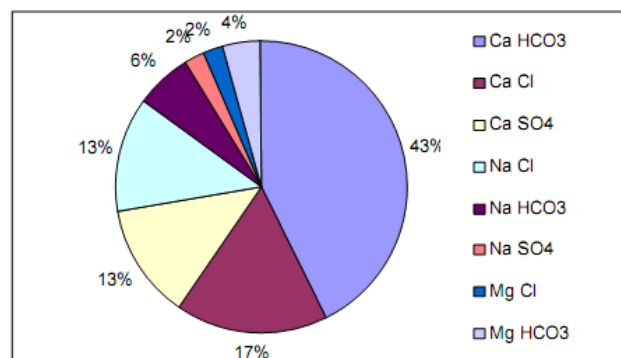


Figura 4. Los tipos de aguas en la cuenca Santiago y su porcentaje

Se pierde gran cantidad de agua por el escurrimiento después de lluvias extremas. Parte de estos escurrimientos pueden ser fuente de una recarga inducida. Se recomienda la instalación de obras para la retención del flujo superficial en las zonas altas para reducir dichas pérdidas y, su posterior liberación controlada para inducir la infiltración en los arroyos, pero el Aluvión, como acuífero principal, es de carácter libre y en términos de la amenaza de contaminación representa un alto riesgo debido a la alta porosidad y conductividad hidráulica del material.

### EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA POR METALES PESADOS PROVENIENTES DE UN RELLENO SANITARIO EN EL VALLE DE MEXICALI, B. C.

Gómez-Puentes Francisco Javier, Valdez-Carrillo Melissa, Reyes-López Jaime y Concepción Carreón-Díazconti

[jaime@iing.mx1.uabc.mx](mailto:jaime@iing.mx1.uabc.mx)  
[ccarreond@iing.mx1.uabc.mx](mailto:ccarreond@iing.mx1.uabc.mx)

*Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería, Mexicali, Baja California, México*

### Introducción

El municipio de Mexicali en el estado de Baja California tiene una población de 855 962 habitantes (INEGI, 2007). De estos 653 046 reside en la Ciudad de Mexicali y el resto está distribuido en los 2 266

poblados registrados a lo largo del Valle de Mexicali. Solo uno de estos asentamientos rurales posee una población mayor a 15 000 residentes, 71 tienen entre 500 y 15 000, y el resto de los poblados tienen menos de 500 habitantes. Esta desigual distribución de la población provoca una diseminación en la generación de los residuos, aumentando con ello el número de tiraderos o basureros de tipo clandestino constituyéndose en fuentes potenciales de contaminación.

Otro problema de tipo hidrológico está íntimamente relacionado con las malas prácticas en el manejo de los sitios de disposición de residuos sólidos. La naturaleza poco profunda de algunos acuíferos (como es el caso del acuífero del Valle de Mexicali) los hacen potencialmente vulnerables a eventos superficiales tales como la lluvia, irrigación, uso de agua para apagar incendios y vertido de sustancias químicas. En algunos casos la percolación de lixiviados provenientes de rellenos sanitarios causa serio deterioro en la calidad del agua subterránea con el subsecuente efecto negativo en la salud humana que aprovecha este recurso (Apgar and Satherthwaite, 1975).

Hoy en día los *rellenos sanitarios* siguen constituyendo el método de manejo predominante de los Residuos Sólidos Municipales (RSM). Las interacciones entre acuíferos poco profundos y basureros son comunes y han sido ampliamente documentadas en todo el mundo, incluyendo México (Klinck and Stuart, 1999; Pérez, 2002). Los *lixiviados* provenientes de los RSM son un vehículo para la introducción de *metales pesados* (MP) en los cuerpos de agua (Rutherford et al., 2000). El contenido de MP en lixiviados por lo general son bajos (Reinhart y Gross, 1998; Christensen et al., 2000), sin embargo, esto representa solo una fracción de los metales asociados a los RSM.

El propósito de este estudio es evaluar la contaminación por metales pesados así como la pluma contaminante asociados con el lixiviado proveniente del basurero localizado en las inmediaciones del Vado Carranza, Valle de Mexicali, B. C. Métodos como análisis químicos del agua subterránea, estudios geofísicos así como la determinación de la dirección del flujo del agua subterránea en la zona serán empleados para dicho propósito.

## **Materiales y Métodos**

### *Descripción del sitio*

El sitio de estudio considerado para el desarrollo de este proyecto se localiza en el Valle de Mexicali, Baja California. Consiste en un basurero o tiradero a cielo abierto de dimensiones aproximadas 150 m X 400 m, ubicado en las coordenadas geográficas 32° 12' 12.86" LN y 115° 09' 19.28" LW, esto es en las inmediaciones del Vado Carranza (aproximadamente a un kilómetro del río Colorado) cercano a los Poblados Guadalupe Victoria y Ej. Oviedo Mota, Valle de Mexicali, B. C. (aproximadamente 40 Km. al sureste de la ciudad de Mexicali, B. C.).

### *Caracterización de los residuos dispuestos en la zona del proyecto*

Los residuos provienen de diversos poblados del valle de Mexicali, entre los que se incluyen: Ej. Sonora, Ej. Durango, La Puerta, La Mariana, Cucapá Mestizo, López Mateos, Nuevo Michoacán, Col. Carranza, González Ortega, El Mayor y cucapá indígena. El tratamiento que se les da a estos residuos consiste simplemente en su quema a cielo abierto. Con la finalidad de obtener un estimado de la composición de los residuos dispuestos en el basurero ubicado en las inmediaciones del vado carranza, Valle de Mexicali, B. C. se realizó un estudio de caracterización en el periodo comprendido del 24 al 28 de marzo de 2008 mediante la metodología de tanteo por cuarteo.

### *Sondeos Eléctricos Verticales*

Con la finalidad de estimar la extensión de la pluma contaminante de los lixiviados provenientes del basurero se llevo a cabo un estudio geofísico consistente en tres Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). Estos Sondeos consistieron en arreglos tipo Schlumberger, cubriendo una distancia de cien metros cada uno. Para tal fin se empleo un equipo Bison (Earth Resistivity System Modelo 2390), con las siguientes especificaciones: Transmisor 2390-T (0-500 volts de salida, corriente salida hasta 100 mA, potencia arriba de 50 W, frecuencia hasta 5 Hz), Receptor 2390-R (Exactitud 2 % del valor medido).

### *Instalación del sistema de control*

El sistema de control para este proyecto se basa en una red piezométrica constituida por ocho

piezómetros (de 6 metros de profundidad cada uno, en promedio) distribuidos en el área de influencia del basurero. Los piezómetros fueron elaborados en su parte interior con tubería ABS de 1 ½ in de diámetro y exteriormente con tubería PVC 2 in de diámetro. Los tubos fueron perforados para captar agua subterránea con taladro empleando brocas de 7/64 in. Los tubos se perforaron a la mitad de su longitud, es decir tres metros. Para el ensamble de los tubos interiores y exteriores se utilizó tela 100 % poliéster.

**Determinaciones en campo**

Parámetros de calidad de agua tales como oxígeno disuelto, pH, conductividad, sólidos disueltos totales y temperatura se determinaron en campo mediante instrumentos portátiles como: Medidor de pH Hanna HI98150, Medidor Oakton Water Proof 410 Series y Medidor de Oxígeno disuelto Jenway 907.

**Muestreo de Agua**

El material utilizado para la toma de las muestras (botellas de polietileno) de agua fue previamente lavado, siguiendo las recomendaciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-014-SSA1-1993. Se colectaron muestras de agua en diez puntos diferentes dentro del área de influencia del Basurero. De estos puntos ocho corresponden a agua subterránea y dos a aguas superficiales (río Colorado y de canal). Para este proyecto se efectuó la instalación de seis de los ochos piezómetros señalados.

Para cada punto, se tomaron muestras por triplicado en botellas de polietileno de 500 mL de capacidad (dos de las botellas para fisicoquímicos y duplicado y la tercera para metales pesados). En el caso específico de los metales pesados las muestras fueron acidificadas a un pH menor a 2 unidades para prevenir que se presente hidrólisis con la subsiguiente precipitación de los mismos.

**Análisis de Agua Subterránea**

Para determinar la calidad del agua subterránea en este proyecto se realizó el análisis de parámetros: fisicoquímicos (tales como pH, conductividad, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, dureza, cationes y aniones) así como metales pesados (Pb, Cd, Cu, Al, Zn, Fe y Cr<sup>+6</sup>). Para determinar el contenido de metales pesados en el agua subterránea se empleó la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica por Flama (EAAF) empleando un espectrofotómetro marca Perkin Elmer 3110.

Tabla 1. Localización Geográfica de las Estaciones de Muestreo para el Basurero ubicado en las inmediaciones del Vado Carranza, Valle de Mexicali, B. C.

	Norte	Oeste
Nuevo Piezómetro 1 (NP1)	3,564,439.84	673,794.24
Nuevo Piezómetro 2 (NP2)	3,564,492.86	673,795.68
Nuevo Piezómetro 3 (NP3)	3,564,279.14	673,469.38
Nuevo Piezómetro 4 (NP4)	3,564,298.04	673,429.62
Nuevo Piezómetro 5 (NP5)	3,564,312.14	674,103.24
Nuevo Piezómetro 6 (NP6)	3,564,334.32	674,344.40
Piezómetro 21 (P21)	3,563,899.66	673,656.78
Piezómetro 22 (P22)	3,563,522.70	673,619.92
Río Colorado (RC)	3,563,322.82	673,553.99
Agua Canal (AC)	3,565,256.74	673,773.49

RESULTADOS PRELIMINARES  
 REPORTE DE METALES PESADOS TOTALES  
 Muestras Acuosas (Método EPA 3010a)

Identificación de la Muestra	Cobre		Cadmio		Plomo		Zinc		Hierro		Aluminio					
	Concentración en mg/L															
	Pre - muestreo	Lote 1	Lote 2	Pre-muestreo	Lote 1	Lote 2	Pre-muestreo	Lote 1	Lote 2	Pre-muestreo	Lote 1	Lote 2	Pre-muestreo	Lote 1	Lote 2	
Coefficiente de Correlación	0.998	0.998	0.9977	0.9980	0.9980	0.9975	0.999	0.999	0.9993	0.998	0.9981	-	-	-	-	
Blanco Reactivo	0.144	0.144	0.150	0.028	0.028	0.007	0.130	0.130	0.052	0.040	0.040	0.013	0.061	0.061	0.000	0.000
Blanco Fortificado	-	4.976	2.114	-	1.027	0.982	-	4.82	4.680	-	0.493	-	(STD 1.0 mg/L) 1.1	-	-	(STD 0.05 mg/L) 0.09
Blanco Fortificado Duplicado	-	5.052	2.096	-	1.060	0.988	-	4.77	4.730	-	0.489	-	(STD 2.5 mg/L) 2.6	-	-	-
Nuevo Piezómetro 1	-	0.350	0.322	-	0.076	0.002	-	< LD	< LD	-	0.031	0.043	-	6.40	-	0.39
Nuevo Piezómetro 2	-	0.480	0.298	-	0.085	< LD	-	< LD	< LD	-	0.033	0.059	-	6.26	-	3.20
Nuevo Piezómetro 3	-	0.548	0.264	-	0.069	0.021	-	< LD	< LD	-	0.053	0.029	-	3.82	-	0.12
Nuevo Piezómetro 4	-	0.496	0.240	-	0.061	< LD	-	< LD	< LD	-	0.424	0.047	-	0.19	-	< LD
Nuevo Piezómetro 5	-	0.610	0.208	-	0.050	< LD	-	< LD	< LD	-	0.382	0.052	-	0.77	-	0.64
Nuevo Piezómetro 5 Duplicado	-	0.585	0.215	-	0.053	< LD	-	< LD	< LD	-	0.375	0.050	-	0.83	-	0.70
Nvo. Piezómetro 5 Fortificado	-	5.061	2.014	-	1.062	0.994	-	4.680	4.701	-	0.484	-	-	-	-	-
Nvo. Piezómetro 5 F Duplicado	-	5.093	2.008	-	1.050	0.963	-	4.710	4.762	-	0.488	-	-	-	-	-
Nuevo Piezómetro 6	-	0.52	0.108	-	0.05	< LD	-	< LD	< LD	-	< LD	< LD	-	< LD	-	0.06
Agua Canal	0.206	0.349	0.108	0.034	0.025	< LD	< LD	< LD	< LD	0.310	0.008	0.002	0.322	< LD	< LD	0.09
Río Colorado	0.284	0.434	-	0.088	0.053	-	0.040	0.030	-	0.003	0.047	-	1.259	0.46	-	< LD
Piezómetro 21	0.419	0.420	-	0.098	0.090	-	0.080	0.080	-	0.050	0.043	-	7.92	6.53	< LD	0.08
Piezómetro 22	0.379	0.529	0.104	0.047	0.065	< LD	0.040	< LD	< LD	0.038	0.122	0.024	14.05	34.32	1.42	3.60
Agua Estancada	0.290	-	-	0.085	-	-	0.104	-	-	0.061	-	-	1.609	-	0.25	-
Trampa Agua Infiltrada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estandar de Recalibración	-	(4.0 mg/L) 4.06	(2.5 mg/L) 2.481	-	1.05	1.02	5.23	5.23	4.923	0.52	0.51	0.495	(STD 3.0 mg/L) 3.09	-	-	(STD 0.5 mg/L) 0.49
Exactitud Metodológica DMS	-	89.59	89.98	-	100.47	97.75	-	93.30	94.03	-	88.05	-	-	-	-	-
Precisión Metodológica CV	-	4.18	3.31	-	4.48	-	-	-	-	-	1.85	2.96	-	7.51	-	6.96
Rango Lineal	0.0 a 5.0 mg/L		0.0 a 2.0 mg/L		0.0 a 20 mg/L		0.0 a 1.0 mg/L		0.0 a 3.0 mg/L		0.0 a 0.80 mg/L					
Límite de Detección LD	0.002		0.001		0.030		0.002		0.03		0.013					

**EXAMEN DEL POTENCIAL DE ATENUACIÓN  
NATURAL EN UN ACUÍFERO CONTAMINADO CON  
SOLVENTES CLORADOS UTILIZANDO ANÁLISIS  
ISOTÓPICOS EN COMPUESTOS ESPECÍFICOS.**

Concepción Carreón-Diazconti, Johanna Santamaría  
y Mark Brusseau  
[ccarreond@iing.mx](mailto:ccarreond@iing.mx)  
[uabc.mx](http://uabc.mx)

*Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja  
California, Mexicali, B. C.*

Los solventes clorados tales como tetracloroetano, tricloroetano y tetracloruro de carbono se encuentran entre los contaminantes más comunes en los países industrializados y han sido detectados en los suelos y las aguas subterráneas de varias ciudades en México. Dada su alta toxicidad y su comportamiento complejo en la naturaleza, los solventes clorados representan un alto riesgo para la salud humana y para el medio ambiente.

En los últimos años se ha desarrollado un gran interés por aplicar los procesos de atenuación natural supervisada en la recuperación de acuíferos contaminados con compuestos muy diversos. El proceso de biodegradación, tanto natural como estimulada, se ha documentado en cientos de estos sitios. Las herramientas de observación tradicionalmente utilizadas incluyen la obtención de datos de campo que evidencien la evolución química de los contaminantes, tales como las series de tiempo, o la actividad microbiana, como es el caso de los estudios en microcosmos. Por otro lado, herramientas más novedosas, tales como los análisis isotópicos de compuestos específicos y las técnicas moleculares aplicadas a genes específicos, están siendo aplicadas con éxito en la supervisión de la biotransformación de una gran variedad de contaminantes disueltos en el agua subterránea.

El análisis isotópico de compuestos específicos (ICE) se aplicó a un acuífero originalmente contaminado exclusivamente por tetracloroetano. El objetivo fue el de identificar, entre los procesos responsables de la atenuación natural, a aquellos mediados por actividad microbiana y, en lo posible, determinar su grado de influencia. La presencia de los productos de biotransformación del tetracloroetano (tricloroetano, dicloroetano, cloruro de vinilo y eteno) es evidencia

de un proceso activo de deoloración reductiva. Los análisis ICE permitieron estimar un promedio de biodegradación del dicloroetano de entre el 14 y el 20%.

**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DEL  
ACUÍFERO RÍO TECORIPA, EN LA PARTE CENTRO-  
ESTE DEL ESTADO DE SONORA.**

Bennett J., Rangel-Medina Miguel y Hernández P.Y  
[jbennett@m3mexicana.com.mx](mailto:jbennett@m3mexicana.com.mx)

*Maestría en Ciencias-Geología, Departamento de  
Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Son., C.P.  
83000.*

El Acuífero del Río Tecoripa se localiza en la parte centro-este del Estado de Sonora, entre los paralelos 28° y 29° de latitud Norte y entre los meridianos 109°30' y 110°30' de longitud Oeste. Este acuífero queda comprendido dentro de la Región Hidrológica 9D Río Yaqui. La zona de estudio se encuentra dentro de los límites del acuífero con clave 2639, denominado Río Tecoripa. La extensión aproximada del acuífero administrativo Río Tecoripa es de 2,808 km<sup>2</sup> y, el área de explotación acuífera es de 215 km<sup>2</sup> (CNA, 2004) dentro de los municipios de Tecoripa y Suaqui Grande, en el acuífero Tecoripa, los pozos de aprovechamiento se encuentran localizados en áreas de bancos aluviales, valles intermontanos rellenos con sedimentos fluvio-aluviales y en rocas fracturadas.

El área del acuífero Río Tecoripa, ha sido muy poco estudiada por calidad del agua, por tal motivo se consideró para identificar tanto la calidad del agua subterránea como caracterización hidrogeoquímica.

En 15 aprovechamientos muestreados, los parámetros analizados fueron: calcio, magnesio, sodio, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, dureza total, sólidos totales disueltos, fierro y como parámetros de campo, la conductividad eléctrica, la temperatura y el pH. Tales análisis son suficientes para el estudio de los principales procesos químicos y su relación con los sistemas hidrológicos.

Para la caracterización de familias de agua se utilizaron los Diagramas Triangulares de Piper y

la Clasificación de Stiff. Los diagramas de Piper y Stiff son gráficos y se basan en la clasificación por balance de masas que permiten zonificar la presencia de diferentes tipos de familias hidrogeoquímicas regionalmente, así como para acentuar las diferencias entre tipos de aguas aún del mismo acuífero.

En el área de estudio resultaron dos familias de agua; Bicarbonatadas cálcicas ( $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ) que es la de mayor presencia con un total de 12 aprovechamientos típicas de acuíferos aluviales y agua de reciente infiltración marcando la entrada de agua al acuífero y la Sulfatada cálcica ( $\text{SO}_4\text{-Ca}$ ) con 3 aprovechamientos la cual puede mostrar la presencia de una zona rica en minerales (principalmente sulfuros), con la predominancia de sulfatos. Por lo que el agua del acuífero Tecoripa se caracteriza por agua meteórica de reciente infiltración.

La calidad del agua en el acuífero Río Tecoripa, se definió mediante los parámetros físico-químicos analizados en función de los límites máximos permisibles (LMP) propuestos por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 para uso y consumo humano.

En general en el área de estudio, los aprovechamientos que presentaron problemas en cuanto a altas concentraciones por los parámetros analizados fueron los aprovechamientos muestreados del acuífero en roca, con valores mayores al límite establecido por la NOM en dos de los casos para dureza total, potasio y sulfatos; y el tercero, aunque no presenta valores por arriba del LMP, si fue el de mayores concentraciones para los casos de conductividad eléctrica, dureza total, magnesio y bicarbonatos.

En general para todos los parámetros analizados, los aprovechamientos en roca presentan valores más altos que los aprovechamientos en acuífero aluvial.

## DINÁMICA E INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL NOROESTE DE SINALOA.

Norzagaray-Campos M.<sup>1</sup> y Muñoz-Sevilla P.<sup>2</sup>  
[mnorzaga@ipn.mx](mailto:mnorzaga@ipn.mx)

<sup>1</sup> CIIDIR Sinaloa, Carretera a Las Glorias, km. 1, Apdo. postal 280, Guasave, Sin., Méx. 81100.

<sup>2</sup> CIEMAD. Calle 30 de Junio de 1520, Barrio La Laguna Ticomán C.P. 07340. Del. Gustavo A. Madero México. D.F.

Los acuíferos del Noroeste de Sinaloa tienen una intensa dinámica debido al gran número de actividades, y son una reserva regional agrícola, ganadera y de consumo humano. Por lo que deben establecerse mecanismos para incentivar la calidad de sus aguas y la de sus usuarios. Esta Región recientemente se ha enfrentado a una serie de fenómenos eventuales y/o esporádicos tales como huracanes de gran intensidad, sequías, y ahora el cambio climático local, entre otras que repercuten en la recarga de los acuíferos y por ende en su economía.

El agua líquido vital para la vida, y necesaria en cualquier labor que el hombre emprenda, se encuentra en la actualidad en riesgo a nivel mundial debido a su mal manejo, y en la región del Noreste de Sinaloa no es la excepción. Es por lo que este trabajo tiene como objetivo de determinar una zonificación para el consumo humano usando indicadores físico-químicos calculados en base a la norma oficial, NOM-127-SSA1-1994.

Para el estudio se considera que la génesis geológica es muy similar en la mayoría de los acuíferos costeros del Norte de Sinaloa, por lo que se justificó la selección de un valle de tales características en el que se consideraron 38 años de monitoreo para establecer una preservación con respecto a los componentes de mayor incidencia y cambios en los acuíferos de la región y los límites permisibles para consumo humano.

Se utilizó una red de monitoreo donde junto con el consumo humano se abastece la agricultura, la ganadería e industria. La zonificación con el análisis numérico de interpolación dio a conocer la distribución actual y los cambios espacio temporales

de 38 años de monitoreo en presencia del cambio climático, al igual dio a conocer el potencial de una posible dispersión de contaminantes. El presente tiene la finalidad de contribuir a establecer un plan de manejo regional y dar garantías de conservación

futura del recurso acuífero ya que hasta el momento son pocos los estudios en la región destinados a su manejo, calidad y distribución tomando en cuenta el cambio climático actual.

### MIÉRCOLES 08 – QUINTA SESIÓN: GEOQUÍMICA DE YACIMIENTOS MINERALES

#### CONFERENCIA INVITADA

#### GEOQUÍMICA DE LOS YACIMIENTOS DE ORO OROGÉNICO EN SONORA

Efrén Pérez-Segura  
[efrenpese@yahoo.com](mailto:efrenpese@yahoo.com)

Departamento de Geología, Universidad de Sonora  
 83000 Hermosillo, Sonora.

Desde los años noventa se reconocieron y clasificaron en Sonora yacimientos de oro, conocidos actualmente como de tipo oro orogénico (Figura 1). Estos yacimientos se ubican en la provincia del Desierto de Sonora, que es la provincia con mayor tasa de distensión en el noroeste México.

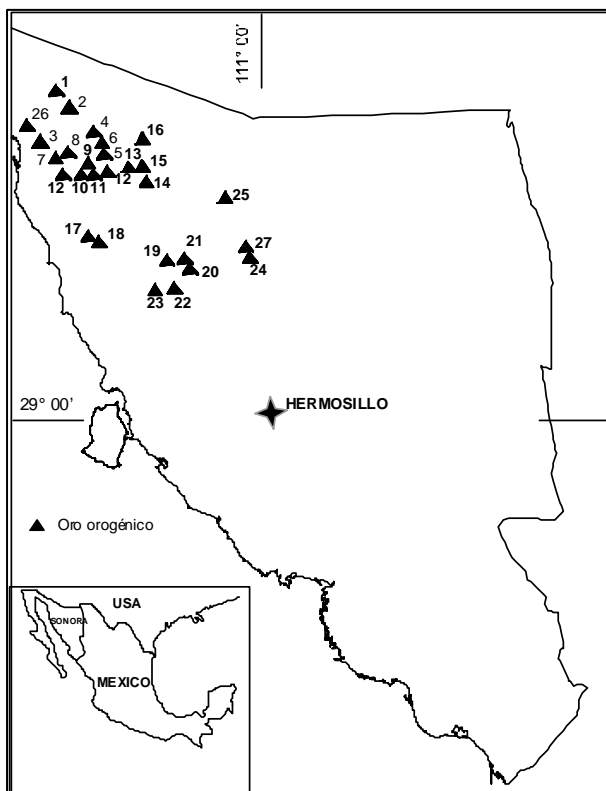


Figura 1. Localización de los yacimientos de oro orogénico en Sonora.

Dentro de los depósitos más conocidos se encuentran los que se conocen como: San Francisco, El Chanate, Tajitos, Quitovac, Campo Juárez, La Herradura, San Félix y Sierra Pinta, entre otros. Las concentraciones económicas se refieren a depósitos entre 0.25 a más de 3 millones de onzas de Au, con leyes medias en los depósitos alrededor de 1 g/t Au. Los yacimientos se ubican sobre un cinturón orientado de Santa Ana a Sonoyta y, entre las características que definen claramente estos depósitos se pueden mencionar:

- El involucramiento de rocas encajonantes de composición variable, de edades que van del Precámbrico al Eoceno.
- Relación regional con zonas de cizalla en el dominio dúctil-frágil.
- Controles estructurales de la mineralización en vetas bien orientadas, en vetillas, en redes de vetillas y diseminada.
- Presencia de oro primario como incluido en cuarzo, incluido en pirita, en cruceros de micas de alteración y en forma de telururos.
- Una relación Ag/Au casi siempre inferior a 10/1.
- Una paragénesis geoquímica metálica que involucra la presencia de Au + Pb + Ag + Te + Bi + W.
- Relación de origen con fluidos en dos etapas: una primera de composición H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> y una tardía solamente acuosa. El oro parece relacionarse a la etapa tardía.
- Las temperatura de homogeneización de la primera etapa son del orden de 300 + 50°C, mientras que en la segunda son de 200 + 50°C.
- Los pocos datos de isótopos de O indican un origen relacionado a aguas metamórficas.
- Las edades de los yacimientos van de 60 a 40 Ma, más antiguas hacia la costa y más jóvenes al interior del continente.

Las anteriores características indican claramente un origen de estos depósitos a presiones mínimas de 1 Kbar, lo cual hace indiscutible la presencia de la orogenia Laramide en esta provincia de Sonora. También evidencia la alta tasa de exhumación en la misma provincia

#### **GEOQUÍMICA DE LOS FLUIDOS MINERALIZANTES EN LA MINA LA HERRADURA, SONORA.**

Francisco Quintanar-Ruiz<sup>1,2</sup>, Joaquín Ruiz<sup>2</sup>, Lucas Ochoa-Landín<sup>3</sup>, Christopher Eastoe<sup>2</sup>, Luis Novelo-López<sup>1</sup>, Víctor Valencia<sup>2</sup>, Fernando Barra<sup>2</sup> y Rafael Del Río-Salas<sup>2</sup>  
[francisco\\_quintanar@fresnillo.plc.com](mailto:francisco_quintanar@fresnillo.plc.com)

<sup>1</sup>*Servicios Administrativos Fresnillo, Blvd. Navarrete No. 277, Hermosillo, Sonora, 83200, México.*

<sup>2</sup>*Geosciences Department, The University of Arizona, Tucson, Arizona, 85721, USA.*

<sup>3</sup>*Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Blvd. Rosales y Luis Encinas, Hermosillo, Sonora, 83000, México.*

El yacimiento La Herradura con un potencial de 5 Moz de oro, se localiza a 20 o 40 Km aproximadamente al suroeste de la traza de la postulada falla Mojave-Sonora Megashear, dentro del bloque Caborca caracterizado por un basamento de gneises y esquistos con edades de 1.8 a 1.7 Ga.

En el área de La Herradura ocurren gneises de cuarzo-feldespato y cuarzo-feldespato-biotita, limitados al este por metasedimentos y metavolcánicas de edad Jurásica, y al oeste por calizas del Paleozoico superior. El gneis cuarzo-feldespático es el principal hospedante de la mineralización de oro en La Herradura y se alinea en una dirección NW-SE limitado al este y oeste por las zonas de cizalla Victoria y Ocotillo respectivamente. La mineralización de oro ocurre en fallas inversas de bajo ángulo y en vetillas extensionales “en échelon”, todas con relleno de cuarzo-pirita-hematita-siderita-ankerita y halos de sericita-pirita con oro concentrado en las cercanías de las fallas de bajo ángulo, disminuyendo lateralmente en función de la densidad de vetillas extensionales. Estudios de inclusiones fluidas en vetas de cuarzo+sulfuros+Au muestran fluidos ricos en CO<sub>2</sub>, baja salinidad y temperaturas de homogenización entre 275° y 285 °C. Isótopos de S en pirita y galena obtenidas de

vetas de cuarzo-pirita-esfalerita-galena, muestran valores de  $\delta^{34}\text{S}$  del orden de +3.1 a +6.6 ‰, con temperaturas en pares de minerales de pirita-galena de 330° C. Isótopos de oxígeno en vetas de cuarzo presentan valores de  $\delta^{18}\text{O}$  muy consistentes entre +14 y +16 ‰, con valores calculados de  $\delta^{18}\text{O}$  para las aguas en equilibrio con las vetas de cuarzo a 330° C variando entre +8 a +10 ‰. Isótopos de C medidos en las inclusiones fluidas y en ankerita sugieren dos fuentes de C, una asociada a carbonatos,  $\delta^{13}\text{C}=0$  a -6 ‰, y otra asociada únicamente con las inclusiones fluidas,  $\delta^{13}\text{C} < -18$  ‰, indicando una fuente orgánica para el C. Los altos valores radiogénicos iniciales de 187Os/188Os en pirita acompañando la mineralización de oro, excluyen el involucramiento del manto o corteza oceánica como fuente de metales.

El estilo, la geometría de la mineralización y estudios de inclusiones fluidas e isótopos estables de carbono y oxígeno, indican que los fluidos mineralizantes tienen un origen metamórfico, generados por la deshidratación del basamento durante la Orogenia Larámide, lo cual se confirma por la edad obtenida de 61 Ma. para la mineralización, usando isótopos de Re-Os. Estas características sugieren que La Herradura es un yacimiento de oro orogénico, similar a otros reportados en el oeste de la cordillera de Norteamérica.

#### **CÁLCULO TERMODINÁMICO DE LAS PRESIONES DE EMPLAZAMIENTO DE LAS ROCAS BATOLÍTICAS, AL ESTE DE BAVIÁCORA, SONORA, MÉXICO.**

Zúñiga-Hernández Luis Gustavo<sup>1</sup> Ochoa-Landín Lucas<sup>1</sup>, Valencia-Moreno Martín<sup>2</sup> y Ruiz Joaquín<sup>3</sup>  
[luis\\_gzh@hotmail.com](mailto:luis_gzh@hotmail.com)

<sup>1</sup>*Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Programa de Maestría en Ciencias-Geología, Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, 83000 Hermosillo, Sonora.*

<sup>2</sup>*Instituto de Geología, UNAM, Estación Regional del noroeste, C.P. 83240*

<sup>3</sup>*Geosciences Department, The University of Arizona, Tucson, Arizona, 85721, USA.*

Entender la fuerte extensión en la parte central del Estado de Sonora, la cual se conoce ha sido muy activa desde mediados del Terciario, e

inferir de qué manera a afectado a los depósitos minerales previamente formados, en especial los tipo pórfido de cobre, puede ser inferida utilizando el método del contenido de Al en hornblenda (Hammarstrom y Zen, 1986), geobarómetro basado en el ajuste matemático de la relación del contenido de Al<sup>Total</sup>, valor que se encuentra directamente relacionado con la profundidad de formación en anfíboles cálcicos.

Para este estudio se recolectaron doce muestras de cinco localidades donde aflora parte del Batolito Laramídico Sonorense, siendo la muestra recolectada a 15.5 km al noreste del poblado de Baviácora, en las cercanías del Rancho Las Cabecitas, la única que contiene la asociación mineral de cuarzo + feldespatos alcalinos + hornblenda + biotita + óxidos de Fe – Ti [magnetita o ilmenita] + plagioclasa [con una composición entre An<sub>25-35</sub>] ± epidota, que es indispensable para que este método pueda ser utilizado.

Esta área serrana se compone de un plutón de composición granodiorítica, con orientación principal de 28 ° al NW, el cual es sobreyacido discordantemente por rocas volcánicas y sedimentarias del Cretácico Superior – Terciario Inferior de la Fm. Tarahumara.

El análisis de las secciones pulidas fue hecho en la Universidad de Arizona usando la microsonda electrónica Cameca SX50 equipada con un sistema de 4 espectrómetros, en donde las condiciones de operación fueron mantenidas a un voltaje de 15 Kv, con un tamaño del impacto por análisis de 5 µm en las hornblendas. Las fórmulas químicas de los anfíboles fueron calculadas asumiendo la suma de 13 cationes, excluyendo Ca, Na, y K (13eCNK), con 23 átomos de oxígeno.

Los resultados fueron tratados con cinco diferentes calibraciones para determinar la presión, obteniendo profundidades del rango de 6.52 – 7.05 km, que la ubican en un nivel mesozonal, lo cual concuerda con los depósitos de tipo pórfido cuprífero encontrados en la zona y con análisis realizados en el norte de Sinaloa, Baja California y Arizona.

### **CALIDAD DEL MUESTREO GEOQUÍMICO DE SUPERFICIE, DESDE LA TOMA DE MUESTRA HASTA SU ANÁLISIS EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.**

Héctor Mendivil-Quijada<sup>1,2</sup>  
[hector\\_mendivil@penoles.com.mx](mailto:hector_mendivil@penoles.com.mx)

<sup>1</sup>*Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, 83000 Hermosillo, Sonora*

<sup>2</sup>*Exploraciones Mineras Peñoles, S.A. de C.V.*

El muestreo geoquímico de superficie es una herramienta primordial para los trabajos de exploración minera, usado para encontrar evidencias que pueden ayudar al descubrimiento de un yacimiento mineral o para vectorizar mineralización ya conocida, actualmente el análisis geoquímico de elementos traza ha sido utilizado tanto para la exploración por metales preciosos como básicos.

Esta actividad representa entre el 10% y 15% del presupuesto dedicado a la exploración por yacimientos minerales, lo que significa una parte importante de la exploración, por lo que debe estar controlada en todas las fases del proceso; este proceso incluye la selección del área a muestrear, el diseño y planeación del trabajo en gabinete, selección y recolección de muestras en campo, clasificación, nomenclatura y ubicación precisa de las muestras, preparación de las mismas para envío, elección del laboratorio, selección del método de preparación, digestión y análisis, y posteriormente, la correlación de los resultados geoquímicos con la ubicación y descripción de las muestras, el estudio estadístico, presentación y análisis en mapas.

Durante todas y cada una de las fases anteriores se ve la necesidad de tener estrictos controles para evitar errores en el proceso, que es donde suelen ocurrir las omisiones más comunes entre las que se pueden encontrar, fallas en la investigación geológica básica del área, elección incorrecta del tipo de muestreo, falta de estándares en la toma de muestras, recolección y resguardo de datos, fallas en la elaboración de un muestreo orientativo, cubrimiento incorrecto de la zona, una recolección errada de las muestras sea por el uso de herramientas inadecuadas o por la utilización de



empaques incorrectos, la cantidad precisa de muestra tomada para el tipo de estudio requerido, la correlación incorrecta de la ubicación espacial de las muestras con la descripción geológica en una base de datos y sobre todo con los resultados de los análisis proporcionados por el laboratorio, entre otras.

Dado que el muestreo geoquímico es una herramienta que tiene un alto costo en tiempo-dinero y un muy alto beneficio para las actividades de exploración, tanto regional como de seguimiento, se hace imprescindible el manejar controles que aseguren todas y cada una de las etapas del mismo, obteniendo con ello calidad lo suficientemente confiable para elevar un proyecto a una siguiente etapa, pudiendo ser la de un muestreo más detallado, la planificación de localidades de sondeo o incluso, la promoción del área para su negociación o venta.

La utilización de protocolos y estandarización de procesos, la correcta selección del método estadístico y una adecuada representación en un mapa son factores que marcarán el éxito o fracaso de un proyecto desde sus primeras etapas.

#### **INTEGRACION DE INFORMES GEOQUÍMICOS, EN EXPLORACIÓN PETROLERA, PRESENTACIONES GEOLÓGICAS Y CURSOS INTERACTIVOS.**

Agustín Ruiz-Violante  
[aruizv@imp.mx](mailto:aruizv@imp.mx), [aruizv@iespana.es](mailto:aruizv@iespana.es)

*Instituto Mexicano del Petróleo*

Exponemos un ejemplo de cómo pueden elaborarse cursos, presentaciones e integrarse informes en formato digital, con la posibilidad de que el usuario obtenga la impresión de los documentos. Esta forma de elaborar informes, presentaciones y cursos interactivos, permite visualizarlos en cualquier PC que tenga un programa navegador para Internet, y los hace atractivos, interactivos, intuitivos y amigables con el usuario, como se demuestra a lo largo de la plática, pues la presentación de la misma, fue elaborada según el método que se expone. Para lograr lo anterior se hace uso de los diferentes lenguajes usados en Internet, tales como html, xml, dhtml, perl, php, java, etc. El usuario que los consulta puede navegar

en ellos como si estuviera en la www y además le permiten obtener los documentos impresos o en sus diferentes formatos digitales. Así obtenemos presentaciones mucho más ligeras que al hacerlas con programas como el PowerPoint de Microsoft, el Freelance de Lotus Development Corporation o el Wppresentation, entre otros. Además, no necesitamos un hardware especial para visualizar, todo es a través de software comercial y gratuito que, además, funciona en diferentes plataformas como UNIX, Linux, OS, Windows, etc.

#### **COPPER ISOTOPES SYSTEMATICS FOR THE BOLEO Cu-Co-Zn DISTRICT IN BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO**

Del Rio-Salas R.<sup>1</sup>, Ruiz J.<sup>1</sup>, Ochoa-Landín L.<sup>2</sup>,  
 Mathur R.<sup>3</sup>, Barra F.<sup>1</sup>, Zuñiga-Hernandez L.<sup>2</sup> y  
 Albinson T.<sup>4</sup>  
[rdelrio@geo.arizona.edu](mailto:rdelrio@geo.arizona.edu)

<sup>1</sup> *Geosciences Department, University of Arizona, Tucson, AZ 85721.*

<sup>2</sup> *Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo Sonora, 83000, México.*

<sup>3</sup> *Department of Geology, Juniata College, Huntingdon, PA 16652.*

<sup>4</sup> *Minera y Metalúrgica del Boleo S.A. de C.V., Baja Mining Corp. Santa Rosalía, Baja California Sur, México.*

The Boléo Formation, a marine and non-marine clastic sequence of upper Miocene age is located in the Santa Rosalía basin, Baja California, Mexico. This formation hosts Cu-Co-Zn deposits, with mineralization present in extensive stratiform horizons or mantos. The clastic sequence of the Boléo Formation consists of a series of fan-delta cycles with the mantos constrained to the initial stages of each sedimentary cycle. In addition to the Cu-Co-Zn mineralization, minor manganese oxides are spatially and temporally related to the Cu-Co-Zn mantos.

Here we present copper isotopes values for the mineralized mantos (copper oxides) and the manganese oxides from the Boléo Cu-Co-Zn district. The  $\delta^{65}\text{Cu}$  values of copper mantos and manganese oxide mineralization range from -1.61 to 0.10‰ and -1.03 to 0.40‰, respectively. The range of  $\delta^{65}\text{Cu}$  values determined for the Cu and Mn oxides are

similar and show a relatively restricted variation of  $\sim 1.7$  and  $1.4\%$ , respectively. The values determined for Boléo are also similar to  $\delta^{65}\text{Cu}$  values reported for primary sulfide mineralization (i.e., chalcopyrite, bornite) in other type of deposits (for example, porphyry copper deposits).

Previously published  $\delta^{65}\text{Cu}$  values for seawater show a range of  $0.51$  to  $1.44\%$ , similar to values reported for dissolved copper in estuaries

( $0.53$  to  $0.8\%$ ), whereas particulate Cu in estuaries have values of  $-1.02$  to  $-0.24\%$ . The preliminary Cu data for the Boléo shows similar values to particulate Cu in estuaries and does not overlap with values for seawater or dissolved copper in estuaries. This suggests that seawater played a minor role in the formation of the Boléo mineralization. A similar conclusion was determined using Re-Os isotopes on the manganese mineralization

---

### MIÉRCOLES 08 – SEXTA SESIÓN: PETROLOGÍA ÍGNEA

---

#### **BASALTOS Y ANDESITAS BASÁLTICAS EN LA REGIÓN AL SUR DE AGUA PRIETA, SONORA Y EL OESTE DE JANOS, CHIHUAHUA.**

Adriana Aimée Orcí-Romero<sup>1</sup>, Cesar Jacques-Ayala<sup>1,2</sup>, Jaime Roldán-Quintana<sup>1</sup> y Margarita López-Martínez<sup>3</sup>  
[aaor@geologia.unam.mx](mailto:aaor@geologia.unam.mx)

<sup>1</sup>*Instituto de Geología, UNAM, Estación Regional del Noroeste, Colosio y Madrid, Hermosillo, Sonora, 83200.*

<sup>2</sup>*CESUES, Ley Federal del Trabajo, Col. Apolo, Hermosillo, Sonora.*

<sup>3</sup>*CICESE, Carretera Tijuana-Ensenada Km 7, Ensenada, Baja California.*

Con el fin de conocer la composición y edad de los basaltos de ésta región, se colectaron diez y siete muestras de rocas basálticas localizadas en un área de  $150 \times 250$  km de la zona mencionada. Las muestras se analizaron por medio de FRX para elementos mayores y las tierras raras por medio de ICP- MS. En total se obtuvieron resultados de 17 muestras de roca colectadas en esta amplia región. De éstas, se fecharon por el método de  $\text{Ar}40/\text{Ar}39$ , siete de las muestras. Con los resultados obtenidos se ubican en un rango de edad del Mioceno Temprano al Oligoceno Tardío ( $18.5$  a  $28.0$  Ma). De acuerdo a las cartas geológicas existentes, se les asigna a un volcanismo del Oligoceno o más jóvenes. Como resultado de los datos geoquímicos se interpretó como un volcanismo calcialcalino, apoyado por el patrón de tierras raras con la tendencia al enriquecimiento de las tierras raras ligeras característico de un ambiente de subducción. La composición de elementos mayores como el

$\text{SiO}_2$  varía de  $49.74$  a  $57.2$ , y el  $\text{MgO}$  de  $2.55$  a  $5.3\%$ . Doce muestras analizadas petrográficamente presentan mineralogía de basaltos y basaltos andesíticos. Solo algunas muestras contienen olivino, en la mayoría de los casos alterado a idingsita; también se observaron escasos piroxenos, siendo la plagioclasa el mineral más abundante en una matriz vítrea.

De acuerdo a las edades y eventos geológicos conocidos en esta región, el evento coincide con el periodo extensional de Sierras y Cuencas.

#### **PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA DEL INTRUSIVO Y DOMO RESURGENTE DE LA CALDERA PANALES: SU IMPORTANCIA EN EL ESTADO DE HIDALGO.**

Luis Enrique Ortiz-Hernández<sup>1</sup>, Santa Barrera-Guerrero<sup>2</sup>, Isabel Hernández-Avelino<sup>3</sup>  
[santab\\_g@hotmail.com](mailto:santab_g@hotmail.com)

<sup>1</sup>*Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación.*

<sup>2</sup>*Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Licenciatura en Ingeniería en Geología Ambiental.*

<sup>3</sup>*Instituto Politécnico Nacional, Maestría en Geociencias y Administración de Recursos Naturales.*

En la región de Ixmiquilpan ( $99^\circ 00' - 99^\circ 20'$  y  $20^\circ 15' - 20^\circ 30'$ ), se identifican al menos tres estructuras circulares o semicirculares interpretadas mediante imágenes satelitales (Anguita *et al.*, 2001) y cartografía geológica a escala  $1: 50,000$  (carta Ixmiquilpan F14-C79; Consejo de Recursos Minerales, 1995).

La primera es una estructura de 20 km de diámetro (Caldera Mezquital; Ortiz-Hernández y Hernández-Avelino, 2006; Figura 1), desarrollada en rocas cretácicas marinas (formaciones El Doctor y Soyatal-Mezcala), rocas detríticas fluviolacustres del Eoceno-Oligoceno (Fanglomerado El Morro) y Plioceno (Formación Tarango), así como derrames de basaltos fisurales plioceno-cuaternarios.

La segunda es una estructura semicircular de 4 km de diámetro, localizada en la porción central-noroccidental de la carta Ixmiquilpan (Cerro Colorado), que corresponde a un vulcanismo andesítico-dacítico.

La tercera es la denominada Caldera Panales ( $\pm 7$  km de diámetro; Mioceno tardío al Plioceno tardío), ubicada en la porción noroccidental de la carta Ixmiquilpan. Su importancia radica en el hecho que hay exposición de la cámara magmática, representada por el único afloramiento de roca intrusiva en el área. Corresponde a una diorita de piroxeno expuesta como apófisis en la porción NE del Cerro Siete Minas ( $0.5 \text{ km}^2$  de afloramiento), que provoca marmolización incipiente en la Formación El Doctor.

La estructura circular Panales cumple con los criterios que distinguen la presencia de una caldera resurgente, como son: el anillo de caldera, en el cual se reconocen brechas de colapso con fragmentos de roca intrusiva cuya composición va de acida a intermedia, el foso con un domo andesítico resurgente en medio de la caldera (Cerro Torito), presencia de ignimbritas en el anillo sudoccidental (Cerro Dianxe), depósitos de caída al noroccidente (Cerro Mexe y banco de material La Cantera), alteración argílica y sericítica en la parte exterior sur de la estructura, asociada a actividad hidrotermal ( $\sim 38^\circ \text{ C}$ ) en el manantial El Alberto, ubicado al sureste.

Estructuralmente la región forma pliegues anticlinales y sinclinales simétricos a ligeramente asimétricos, alargados y orientados N-S, con pequeños quiebres de sus ejes al NW o al SE.

Paleogeográficamente la zona en cuestión forma parte del banco Inxmiquilpan (Segerstrom, 1961) o plataforma de Actopan (Carrasco, 1971),

correspondiente a la terminación sudoriental de la Plataforma de Valles-San Luis Potosí, en el límite con la Faja Volcánica Transmexicana.

### Red de drenaje

La red de drenaje (Figura 1) exhibe una clara distribución radial centrípeta, la cual es típica de la base de estratovolcanes y/o calderas, cuyo rasgo más distintivo es la disposición divergente. Se desarrolló principalmente sobre rocas volcánicas de la Formación Tarango y sobre calizas del Cretácico inferior de la Formación El Doctor. La densidad de la red es alta, esto influenciado por la baja dureza de la litología que no ofrece gran resistencia a la erosión. Geomorfológicamente la caldera se presenta como una estructura semicircular en forma de herradura, debido a que el margen norte está destruido, posiblemente por un evento volcánico altamente explosivo.

### Petrografía y química mineral

Se obtuvieron láminas delgadas y análisis químicos de roca total de la litología predominante en la Caldera Panales.

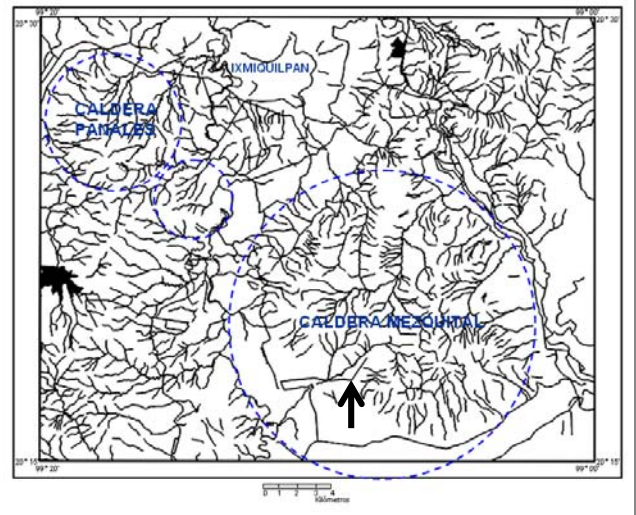


Figura 1. Red de drenaje y estructuras circulares en la carta Ixmiquilpan.

La muestra del domo resurgente de Cerro Torito presenta una textura porfídica con matriz microlítica constituida de fenocristales euhedrales a subhedrales de plagioclasas zoneadas y anfíboles cálcicos con bordes de oxidación. Estos minerales están incluidos en una matriz formada de microlitos de plagioclasa intercrecidos con vidrio de

composición intermedia. La roca se clasifica como dacita de anfíbol.

El cuerpo intrusivo de Cerro Siete Minas tiene una textura holocristalina hipidiomórfica equigranular constituida por plagioclasas zonadas euhedrales a subhedrales y piroxeno alterado a clorita. Hay abundantes diseminaciones de ilmenita incluida en las plagioclasas.

Los análisis a la microsonda electrónica muestran que se trata de clinopiroxenos con una zonación característica. El núcleo de los cristales es de composición de augita, que cambia a clinoenstatita en el borde. Se sitúan en la isoterma de Lindsley (1983) de 900-800° C y de 500-600 ° C, respectivamente.

La sustitución Ca-tschermakítica (CaAlAlSiO<sub>6</sub>) es característica en estos clinopiroxenos, lo que es común en magmas donde existe un enriquecimiento en sílice, pero que no son capaces de cristalizar ortopiroxenos. Esta es una sustitución típica de magmas subalcalinos que cristalizan a nivel de la corteza.

Los fenocristales de plagioclasa se observan en general sin alteración y con zonación característica. Su composición es anortítica en el núcleo y labradorítica en el borde. En otros fenocristales la composición es de andesina. La ilmenita se observó en pequeños cristales anhedrales a subhedrales incluida en los piroxenos. Varía en composición de 92 a 93% de ilmenita, 1% de geikielita (MgTiO<sub>3</sub>), 2-3% de pirofanita (MnTiO<sub>3</sub>) y 3-5% de hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Los anfíboles del domo de Cerro El Torito son cálcicos (Ca+Na)<sub>B</sub> ≥ 1.34, y Na<sub>B</sub> < 0.67), con relación Mg/Mg+Fe<sup>2+</sup> comprendida entre 0.99-1.00. Se trata de tschermakitas con un rango de composición en sílice muy homogéneo (43-44%), contenidos en TiO<sub>2</sub> altos (por lo general superiores a 2%) y FeO variables (9-10%), sobretodo en los bordes de los cristales. Estos anfíboles son apreciablemente más aluminosos que las hornblendas correspondientes a rocas volcánicas de arco, pero desde el punto de vista de su composición en Ca-Mg-Fe+Mg, son similares a los anfíboles de rocas volcánicas de composición intermedia en arcos insulares.

La aplicación del geobarómetro de Johnson y Rutherford (1990), sugiere presiones de cristalización del anfíbol entre 3.99-4.68 ((± 0.5 kb), mientras que el geotermómetro de Holland y Blundy (1994) arroja temperaturas comprendidas entre 861-958° C.

### Geoquímica de roca total

El domo de Cerro Torito es una dacita pobre en sílice (SiO<sub>2</sub>=61.80%) y contenido bajo en TiO<sub>2</sub>. La suma de álcalis es vecina de 5. El espectro de tierras raras normalizado con respecto a las condritas muestra un enriquecimiento en tierras raras ligeras con respecto a las tierras raras pesadas, lo que es típico de lavas formadas en contexto de subducción. Es una típica lava dacítica, de tipo subalcalino y afinidad calcoalcalina. Los cocientes Zr/Y, Nb/Y (1-1.3), Ti/Zr, Ti/Y y, Ti/V sugieren que se trata de una roca diferenciada, con componente cortical. El valor de Nb es menor que Zr lo que sugiere escaso o nulo aporte de manto litosférico subcontinental. Con respecto al intrusivo del Cerro Siete Minas, la geoquímica muestra que se trata de diorita pobre en sílice (62%), medianamente potásica (1.12%), con cuarzo, dióxido e hiperstena normativos, típico de rocas subaluminosas y subalcalinas. Presenta un contenido total en tierras raras de 92, con cociente La/Yb<sub>N</sub>=10.44.

Los diagramas de discriminación lo sitúan en el campo de plutones de arcos de islas. Se trata de un intrusivo de arco volcánico, formado en la raíz plutónica de una estructura volcánica de colapso (cámara magmática subyacente de una caldera).

### Importancia

De acuerdo al Consejo de Recursos Minerales (1995), la edad del intrusivo del Cerro Siete Minas es Terciario inferior. Aunque es un afloramiento muy pequeño (0.5 km<sup>2</sup>), esta diorita de piroxeno constituye la exposición más austral del magmatismo en el límite entre la Plataforma de Valles-San Luis Potosí (PVSLP) y la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) en el estado de Hidalgo. El intrusivo no es tan diferenciado como los granitoides del Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas, que varían en composición de cuarzdiorita a granodiorita (Flores-Castro *et al.*, 2003). A pesar de que la caldera es pequeña (7 km de diámetro), parece ser de tipo resurgente. Dado que las presiones

obtenidas en el anfíbol del domo cerro Torito pueden ser convertidas a profundidades de cristalización del magma, y si se considera una corteza donde la densidad promedio de las rocas es de  $2.70 \text{ g/cm}^3$ , implica que el magma dacítico que contiene al anfíbol se formó en una corteza de al menos 16 km de espesor, y según los geotermómetros usados, a una temperatura de 800-950° C.

#### Referencias citadas:

- Anguita, F., Verma, S.P., Márquez, A., Vasconcelos-F., M., López, I., Laurieta, A. 2001, Circular features in the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 107, p. 265-274.
- Consejo de Recursos Minerales, 1995, Carta geológico-minera Ixmiquilpan (F14-C79) escala 1: 50,000.
- Carrasco, V. B. 1971, Litofacies de la Formación El Abra en la plataforma de Actopan, Hidalgo., México. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, v. 3, núm. 1, p. 5-28.
- Flores-Castro, K., Vaquer-Navarro, R., Ortiz-Hernández, L.E., Esquivel-Macias C., Ramírez-Cardona, M., Acevedo-Sandoval, O., Canet-Miquel, Ch, 2003, Petrologic and geochemical constraints from La Encarnacion granitoids, Hidalgo state (Mexico). 99th Annual Meeting Cordilleran Section, Geological Society of America Abstracts with Programs, April 1-3, 2003, Puerto Vallarta, Jalisco, Session No. 10-6, p. 19 (abstract).
- Johnson, M.C., Rutherford, M.J., 1989, Experimental calibration of the aluminum-in-hornblende geobarometer with application to Long Valley caldera (California) volcanic rocks. *Geology*, v. 17, p. 837-841.
- Holland, T., Blundy, J., 1994, Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 116, p. 433-447.
- Lindsley, D.H., 1983, Pyroxene thermometry. *American Mineralogist*, v. 68, No. 5-6, p. 477-493.
- Ortiz Hernández, L.E., Hernández Avelino, I., 2006. Caracterización de la caldera Mezquital, estado de Hidalgo. V Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, 15-17 Septiembre 2006, Puebla, Puebla (México), resumen.

Segerstrom, K., 1961, Geología del suroeste del estado de Hidalgo y del noreste del estado de México. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 13, núm. 3-4, p. 147-168.

#### ESTUDIO GEOQUÍMICO DEL PLUTONISMO LARAMÍDICO DEL BATOLITO SAN HIPÓLITO, SONORA CENTRAL, MÉXICO.

<sup>1</sup>Jesé Urrutia-Bañuelos, <sup>1</sup>Francisco A. Paz-Moreno, <sup>2</sup>Alain Demant y <sup>1</sup>Diana Ma. Meza-Figueroa  
[urrutiagc@ciencias.uson.mx](mailto:urrutiagc@ciencias.uson.mx)

<sup>1</sup>Departamento de Geología, Maestría en Ciencias-Geología, Universidad de Sonora, Apdo. Postal 847, 8300 Hermosillo, Sonora, México.

<sup>2</sup>Pétrologie Magmatique, Université Paul Cézanne, Aix-Marseille III, 13397 Marseille, France.

El estado de Sonora cuenta con una gran abundancia de afloramientos de rocas plutónicas laramídicas de dimensiones batolíticas, como el Batolito San Hipólito (BSH).

El Batolito San Hipólito está conformado por una serie de rocas intrusivas que van desde gabros-dioritas-granodioritas hasta granitos y granitos de feldespato alcalino, de texturas muy variadas.

Se analizaron 20 muestras representativas del BSH por roca total. Presentan una variación casi-continua en  $\text{SiO}_2$  de 42.77% a 77.52%, con el máximo *gap* de 9% entre los términos máficos a intermedios. En el diagrama TAS para rocas plutónicas (Cox et al., 1979), sobreponiendo la línea discriminadora de Irvine & Baragar (1971), se ubican en el campo subalcalino, con una clara correlación positiva en  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})_N/\text{SiO}_{2N}$ , controlado principalmente por el  $\text{K}_2\text{O}$ , y negativa en  $\text{MgO}/\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}t/\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ , característica de una cristalización fraccionada con un *Índice de Diferenciación* progresivo de 12-96. En el diagrama AFM se ubican en el dominio Calcoalcalino típico, a excepción de algunos gabros que presentan afinidades toleíticas con un alto valor en hierro. La relación  $\text{K}_2\text{O}_N/\text{SiO}_{2N}$  muestra un carácter de potasio moderado a alto para totalidad de la serie.

Se trata de rocas predominantemente hiperaluminosas, donde los términos más

diferenciados ( $\text{SiO}_2 > 67.6\%$ ), presentan *corindón* normativo. En los gabros el *Qz* normativo está ausente pero se hace visible y persistente a partir de las dioritas, marcando su carácter de sobresaturación en sílice para los dioritoides y granitoides.

Presentan anomalías negativas en Ba/Nb, típicas de ambientes en subducción y consistente con las características conocidas de los otros batolitos laramídicos de la región.

**EL ENJAMBRE DE DIQUES DE LAMPRÓFIDO DEL OLIGOCENO TARDÍO A MIOCENO TEMPRANO DEL NOROESTE DE MÉXICO: SU ORIGEN DENTRO DE UNA ETAPA TECTONO-MAGMÁTICA TRANSICIONAL DE LA SUBDUCCIÓN A LA EXTENSIÓN.**

<sup>1</sup>Orozco-Garza A.J., <sup>2</sup>Dostal, J., <sup>1</sup>Reynolds P.H.,  
<sup>3</sup>Paz-Moreno F.A.  
[aorozcog@gmail.com](mailto:aorozcog@gmail.com)

<sup>1</sup>*Dept. of Earth Sciences, Dalhousie University, Halifax, NS, B3H 4R2.*

<sup>2</sup>*Dept. of Geology, St. Mary's University, Halifax, NS, B3H 3C3.*

<sup>3</sup>*Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México 83000.*

El presente estudio se enfoca en diques de lamprófido y otros diques máficos a intermedios asociados localizados en el Estado de Sonora, y mayormente dentro de afloramientos en la ciudad capital de Hermosillo. Geométricamente, los enjambres formados por estos diques se orientan con rumbo general noroeste-sureste, teniendo dimensiones de aproximadamente 3 kilómetros de ancho por 8 kilómetros de largo. Los diques individuales medidos en afloramiento tienen dimensiones que varían desde unos cuantos centímetros hasta varios metros de espesor. Estratigráficamente los diques se observan cortando mayormente al Batolito Laramídico de Sonora, pero también se les ha registrado intrusionando rocas metamórficas paleozoicas como gneises en la vecindad de la ciudad de Magdalena, Sonora.

El estudio petrográfico de los diques revela que algunos son verdaderos lamprófidos. Estos se dividen en dos tipos principales dependiendo de sus

fenocristales dominantes: a) espesartitas (fenocristales de hornblenda-magnesiohastingsita) y b) kersantitas (fenocristales de flogopita). También dentro de la composición de ambos tipos se ha observado la presencia de clinopiroxenos de Al-Ti y, como lo demanda su definición, feldespatos confinados únicamente a la matriz desarrollando la característica textura panidiomórfica. De ambos tipos, las espesartitas se han observado con mucha mayor frecuencia que las kersantitas.

La geoquímica de elementos mayores muestra que las espesartitas son rocas intermedias a máficas de naturaleza calcoalcalina y con contenidos de potasio medios a altos. La relación  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  para estas rocas es menor a uno. Mientras tanto, las kersantitas son rocas de afinidad shoshonítica como lo muestra la relación  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  mayor a uno, así como un contenido mayor en  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , Ba, Zr y LREE en relación a las espesartitas. Ambos tipos de roca muestran valores negativos de Epsilon Nd y patrones de elementos traza, normalizados con relación a la composición del manto, que presentan anomalías negativas de Nb. La información geoquímica obtenida para los diques de lamprófido de Sonora, tanto de elementos mayores, traza e isótopos de Nd-Sr, nos llevan a interpretar que el magma de lamprófido se derivó de un manto litosférico sub-continental. Edades  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  para ambos tipos de lamprófido estudiados se ubican en el rango de 26 a 18Ma. Esto coloca la formación de estas rocas en un tiempo crítico en el que, es generalmente aceptado, se tenía la transición entre la subducción de la placa Farallón debajo de Norte América hacia el inicio de un rift continental (que eventualmente llevó a la formación de la Provincia del Basin and Range). Esta etapa transicional duró probablemente entre 12 y 30 Ma.

Un análogo moderno del ambiente en que probablemente se formaron los lamprófidos terciarios de Sonora, es el caso de la porción oeste del Cinturón Magmático Mexicano. Ahí, la subducción de la Placa Rivera debajo de Norte América coexiste con un rift continental que la sobreyace. Dentro de ese ambiente se ha reportado la presencia de rocas lamprófidas como minetas, kersantitas y espesartitas; rocas que no se encuentran comúnmente en otras partes del Cinturón Volcánico Mexicano. Los autores piensan que lo anterior es evidencia de que la interacción entre un ambiente de

subducción y rift continental generan las condiciones propicias para la producción de rocas hídras como los lamprófidos.

**EL DERRAME IVES: BASALTO HISTÓRICO DE NATURALEZA TRANSICIONAL DEL CAMPO VOLCÁNICO EL PINACATE, NO DE SONORA, MÉXICO.**

<sup>1</sup>Paz-Moreno Francisco A., <sup>1</sup>Gutiérrez-Anguamea Grisel, <sup>2</sup>Demant Alain y <sup>1</sup>Herrera-Urbina Saúl  
[paz@correo.geologia.uson.mx](mailto:paz@correo.geologia.uson.mx)

<sup>1</sup>Departamento de Geología, Maestría en Ciencias-Geología, Universidad de Sonora, Apdo. Postal 847, 8300 Hermosillo, Sonora, México.

<sup>2</sup>Pétrologie Magmatique, Université Paul Cézanne, Aix-Marseille III, 13397 Marseille, France.

El Derrame Ives\* constituye el extremo meridional del Campo Volcánico de El Pinacate, es un derrame histórico de 16 ka de edad, que se extiende por más de 12 km de largo. Parte del Valle de las Burbujas, al pie del Volcán Santa Clara, y sigue su curso hacia el sur, bordeando los meta-granitoides triásicos de Sierra Blanca y de termina, hacia el sur, desbordándose sobre el mar de dunas del Gran Desierto de Altar.

Se trata de un derrame basáltico de tipo pahoehoe, caracterizado por el desarrollo de formas espectaculares de *hornitos*, *crestas de presión* y en las partes más llanas forman mesetas subhorizontales con *superficies lobuladas* y *superficies cordadas* muy vesiculadas. Era un derrame muy fluido y rico en gases.

Son lavas porfíricas de cristalinidad baja y de grano fino a muy fino con  $Pl > Ol \gg Cpx$ , aunque en la parte interna del derrame desarrolla texturas doleríticas intergranulares a intersertales donde el Cpx se hace visible y domina sobre el Ol, lo que contrasta con la textura porfírica donde el Cpx es esquelético y constreñido a la matriz. La plagioclasa es muy homogénea en composición, siempre de variedad labradorita y desprovista de potasio ( $K_2O < 0.20\%$ ), el Clinopiroxeno es titanífero y rico en calcio, tiende a enriquecerse en  $FeO^t$ , con variedades desde augita, ferroaugita a ferrosalita. El olivino es

siempre  $< Fo_{85}$  y puede alcanzar valores  $< Fo_{40}$ . Los óxidos de Fe-Ti son muy raros y de tipo ilmenita.

Por sus características mineralógicas y de textura, se puede inferir que estas lavas sufrieron un enfriamiento muy rápido, al menos en la superficie, y que extruyeron casi como verdaderos líquidos.

Son basaltos, químicamente homogéneos, sobre la base de una población representativa de 7 análisis químicos de roca total, con:  $SiO_2 = 48-49\%$ ,  $Al_2O_3 = 14.5-15.0\%$ ,  $FeO^t = 10-11\%$ ,  $TiO_2 \leq 2\%$ , y muy pobres en potasio  $K_2O < 0.8\%$ .

En el diagrama TAS, se ubican en el campo de los basaltos y se agrupan por debajo de la línea discriminadora de Irvine & Barager (1971) en el dominio subalcalino.

En la *Norma CIPW*, no forman  $Qz$  ni  $Ne$ , por lo que son lavas saturadas en  $SiO_2$ , que aunado a la presencia de *Hip* los tipifica como basaltos de la serie transicional, con afinidad alcalina. Están poco diferenciadas como lo muestra el bajo índice de diferenciación normativo,  $Id = 27-29$  y en valor  $Mgv\# > 63$ , los valores elevados en  $Cr = 316-330$  y  $Ni = 217-236$  para estas lavas refuerzan esta hipótesis, estos valores son del orden de 2 a 3 veces superiores a los de las lavas alcalinas típicas de El Pinacate.

Sobre el arcanidiagrama de elementos trazas normalizado a condritas dibujan un espectro en "joroba" característico de los basaltos tipo OIB y sobre el diagrama de tierras raras la silueta presenta una pendiente lisa, poco pronunciada y sin anomalía negativa en Eu. En ambos casos los espectros son muy empobrecidos con respecto a las lavas alcalinas.

El Derrame Ives es un claro ejemplo de basaltos transicionales emplazados en un ambiente tectónico de intraplaca continental.

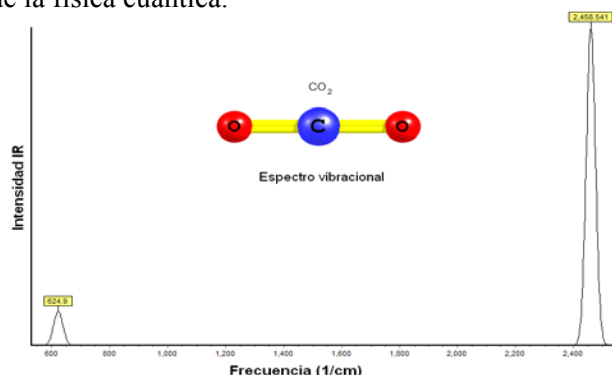
(\*). Sobre este derrame se construyó el moderno edificio del Centro de Visitantes de la Reserva de la Biosfera de El Pinacate y Gran Desierto de Altar

**JUEVES 06 – SÉPTIMA SESIÓN: GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS, BIOGEOQUÍMICA Y GEOQUÍMICA MARINA****CONFERENCIA INVITADA****EL CO<sub>2</sub> Y OTROS GASES DE INVERNADERO:  
¿CONFINAMIENTO GEOLÓGICO O MOLECULAR?**Alvaro Posada-Amarillas<sup>1</sup> y Dora J. Borbón-González<sup>2</sup>[posada@cajeme.cifus.uson.mx](mailto:posada@cajeme.cifus.uson.mx)<sup>1</sup>*Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora, Apdo. Postal 5-088, 83190 Hermosillo, Sonora, México*<sup>2</sup>*Departamento de Matemáticas, Universidad de Sonora*

Mucho se ha dicho y escrito sobre los gases de invernadero y su efecto sobre nuestra atmósfera. En la última década, la discusión se ha enfocado en el efecto pernicioso de éstos de manera que hoy sabemos que el CO<sub>2</sub> es el principal causante del efecto invernadero y que, debido a este efecto, tenemos a nivel planetario un calentamiento que se ha ido incrementando con el paso del tiempo, en la medida que se incrementa su emisión a la atmósfera.

Detener estas emisiones ha sido motivo de tratados internacionales, particularmente del Tratado de Kyoto, que establece razones de disminución en períodos de tiempo para los países firmantes. Así, el confinamiento de estos gases, y en particular del CO<sub>2</sub> es en la actualidad motivo de investigación y desarrollo tecnológico a nivel mundial.

En este trabajo se exponen brevemente las formas de almacenamiento geológico y se explora la posibilidad de confinar estos gases en sistemas moleculares como los nanotubos de carbón, o cristalinos del tipo de las zeolitas. Además, se hace un estudio de las propiedades vibracionales de los gases de invernadero modelándolos mediante el uso de la física cuántica.

**CARACTERIZACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA  
SEDIMENTARIA EN FORMACIONES JURÁSICAS  
(HUAYACOCOTLA, SANTIAGO, TEPEXIC Y  
CAHUASAS) DE LA REGIÓN DE TEPEHUACÁN DE  
GUERRERO, HIDALGO (MÉXICO): IMPLICACIONES  
PALEOAMBIENTALES**Myrna Islas-Romero<sup>1</sup>, Kinardo Flores-Castro<sup>1</sup>,  
Richard Gibson<sup>2</sup>, Martín Torres-Valencia<sup>3</sup>, Catalina  
A. Angeles-Cruz<sup>4</sup> y Carlos Esquivel-Macías<sup>5</sup>  
[myir\\_30@hotmail.com](mailto:myir_30@hotmail.com)<sup>1</sup>*Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra y Materiales. Departamento de Geoquímica. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Cd. Universitaria. Pachuca, Hidalgo. CP. 42184.*<sup>2</sup>*Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Universitaria. México, D.F. CP. 04510.*<sup>3</sup>*Centro de Investigaciones Químicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Cd. Universitaria. Pachuca, Hidalgo. CP. 42184.*<sup>4</sup>*Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Universitaria. México, D.F. CP. 04510.*<sup>5</sup>*Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Cd. Universitaria. Pachuca, Hidalgo. CP. 42184.***Introducción**

La Geoquímica Orgánica es la ciencia especializada de la Geología que estudia los procesos que controlan la estructura y concentración de sustancias orgánicas en ambientes naturales antiguos y recientes. La preservación de la materia orgánica en sedimentos es un evento poco usual, puesto que la mayor parte del carbono es reciclado inmediatamente. El grado de preservación varía de 0 a 100%, dependiendo de factores físicos y biogeoquímicos.

La materia orgánica se compone de C con cantidades menores de H, O, N y S. En los sedimentos se reconocen tres tipos de acumulaciones de materia orgánica: humus, turba y sapropel. La materia orgánica húmica es el principal constituyente del carbón, mientras que la materia orgánica que se encuentra en las lutitas negras y bituminosas es sapropélica y sufre transformaciones diagenéticas complejas por degradación química, bioquímica y



térmica. Como resultado se forma kerógeno y bitumen. Los esqueletos de las moléculas orgánicas que los constituyen, denominados biomarcadores, sugieren un vínculo con productos naturales contemporáneos conocidos que pueden encontrarse inalterados o con modificaciones menores. El grado de preservación del material orgánico depende de las condiciones biogeoquímicas que sufre durante el transporte, sedimentación y sepultamiento.

Los biomarcadores se emplean como indicadores de las fuentes biológicas, condiciones de depósito, variaciones climáticas y de la madurez de la materia orgánica (Farrimond y Eglinton, 1990).

En este trabajo se presentan resultados e interpretación del análisis de materia orgánica soluble (bitumen) que se realizó a 15 muestras de rocas sedimentarias (marinas) jurásicas de las formaciones Huayacocotla, Santiago, Tepexic y Cahuasas, con el fin de obtener información fisicoquímica y biológica de la cuenca de depósito. Estas rocas fueron recolectadas en lugares cercanos a Tepehuacán de Guerrero al norte del estado de Hidalgo.

### Procedimiento

Para la extracción de bitumen se emplearon 300g muestra pulverizada, cada una de ellas fue sometida a tres reflujos sucesivos con disolventes orgánicos que cubrieran un amplio intervalo de polaridad (Hexano<Acetato de Etilo<Metanol), y con ello extraer la mayor parte de los compuestos orgánicos. Cada etapa de reflujo se llevó a cabo por 50 horas y los disolventes fueron separados de la muestra por medio de filtración. El extracto resultante se concentró empleando un rotavapor. Los extractos finalmente fueron analizados por Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas, CG-MS en el equipo Hewlett-Packard 5989-A acoplado a un cromatógrafo de Gases 5890 Series II, impacto electrónico 70 eV.

Entre los compuestos que han sido identificados en las muestras, se encuentran alcanos alifáticos (n-alcanos) e isoprenoides (figura 1). De éstos últimos, los más importantes son el Pristano (Pr) y el Fitano (Ph), que son originados principalmente por la alteración de la cadena lateral en ciertos tipos de clorofila.

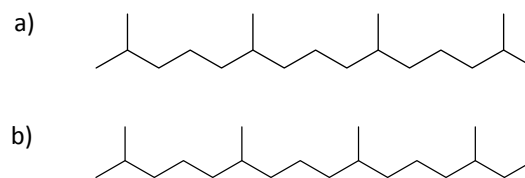


Figura 1. Estructura de algunos alcanos isoprenoides identificados. a) Pristano (Pr). b) Fitano (Ph).

Bajo condiciones anóxicas, la ruptura de tal cadena produce Fitol que es reducido a Dihidrofitol y por último, a Fitano. Mientras que en condiciones óxicas, el Fitol se oxida a Ácido Fiténico, que al descarboxilarse produce Pristeno; generando Pristano al reducirse. En ambientes hipersalinos Pr y Ph también son derivados de lípidos provenientes de archeobacterias (p.e. metanógenos y halófilos). Por lo anterior, la proporción que Pr y Ph guardan entre sí, se emplea como indicador paleoambiental, principalmente como parámetro para estimar los niveles de oxígeno y salinidad (Didyk et al. 1978) en el ambiente de depósito (ten Haven et al., 1987). Ver Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones de depósito con base en la relación Pr/Ph

Pr/Ph	Interpretación:
> 1	Condiciones óxicas
< 1	Condiciones anóxicas
> 3	Aporte de materia orgánica de origen terrígeno, condiciones óxicas
< 0.8	Típico ambientes hipersalinos o carbonatados, con condiciones anóxicas

En las figuras 2 a 4 se presentan algunos ejemplos de cromatogramas de gases donde se observan las señales correspondientes a Pr y Ph.

Dentro de los alcanos alifáticos (n-alcanos) identificados en las muestras, destacan los siguientes: n- C<sub>15</sub>H<sub>32</sub>, nC<sub>17</sub>H<sub>36</sub>, n-C<sub>19</sub>H<sub>40</sub>, n- C<sub>27</sub>H<sub>56</sub>, n- C<sub>29</sub>H<sub>60</sub>, n-C<sub>31</sub>H<sub>64</sub> y n- C<sub>23</sub>H<sub>48</sub>. Su importancia reside en el hecho de que éstos indican el origen de la materia orgánica sedimentaria (ver tabla 2).

### Conclusiones

El origen de los compuestos orgánicos identificados en las muestras es principalmente marino, aunque algunos alcanos alifáticos proceden de un ambiente lacustre y también se observa un aporte de material terrígeno. Esto indica que la zona

de estudio involucra principalmente un ambiente marino-marginal de circulación restringida, lo que favorece las condiciones anóxicas en algunos sitios, e incluso hipersalinidad, como es el caso de las muestras Acox 1 y CAH.

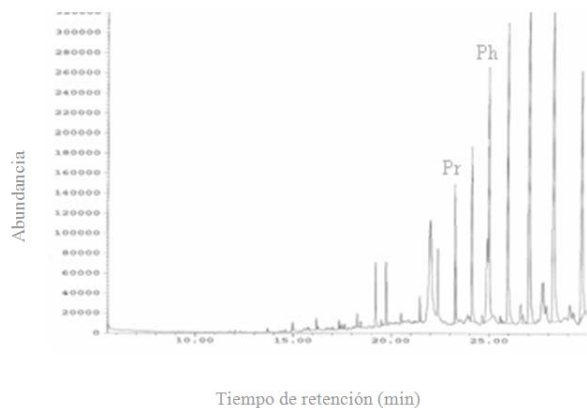


Figura 2. Cromatograma de gases de la muestra Acox 1. Proporción Pr/Ph = 0.54, lo que sugiere que se trata de un ambiente carbonatado, hipersalino y anóxico.

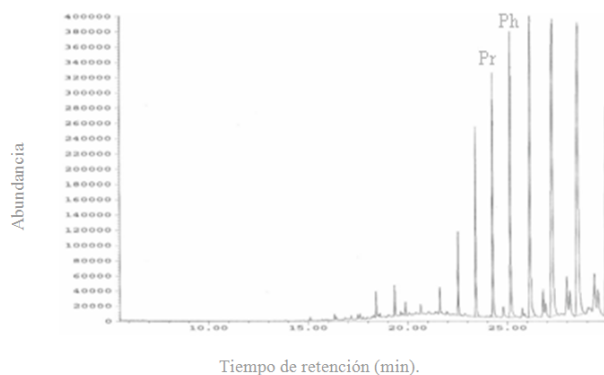


Figura 3. Cromatograma de gases de la muestra CAH. Proporción Pr/Ph = 0.79, lo que sugiere que se trata de un ambiente carbonatado, hipersalino y anóxico.

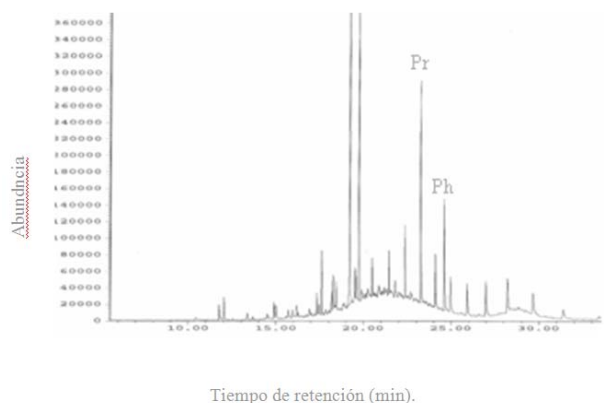


Figura 4. Cromatograma de gases de la muestra CUXH. Pr/Ph = 1.90, lo que sugiere que se trata de un ambiente anóxico.

Tabla 2. Origen de los alcanos alifáticos encontrados en las muestras.

Compuestos	Origen:
$n\text{-C}_{15}\text{H}_{32}$ , $n\text{-C}_{17}\text{H}_{36}$ , $n\text{-C}_{19}\text{H}_{40}$	Algáceo, ambiente lacustre o marino (Eglinton y Hamilton, 1967; Cranwell, 1973; Rieley <i>et al.</i> , 1991)
$n\text{-C}_{27}\text{H}_{56}$ , $n\text{-C}_{29}\text{H}_{60}$ , $n\text{-C}_{31}\text{H}_{64}$	Continental, sugieren aporte de material terrígeno (Blumer <i>et al.</i> , 1971; Giger <i>et al.</i> , 1980; Cranwell <i>et al.</i> , 1987)
$n\text{-C}_{23}\text{H}_{48}$	Algáceo, ambiente lacustre (Peters y Moldowan, 1993).

### Referencias citadas:

- Blumer, M. R., Guillard, R. L. y Chase, T. 1971. Hydrocarbons of marine planckton. *Marine Biology*, v. 8, p. 183-189.
- Cranwell, P. A. 1973. Chain length distribution of n-alkanes from lake sediments in relation to post-glacial environmental change. *Freshwater Biol.*, v. 23, p. 259-265.
- Cranwell, P. A., Eglinton, G. y Robinson, N. 1987. líids of aquatic organisms as potential contributors to lacustrine sediments-2. *Organic Geochemistry*, v. 11, p. 513-527.
- 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.
- Eglinton, G. y Hamilton, r. J. 1967. Leaf epicuticular waxes. *Dcience*, v. 156, p. 1322-1335.
- Farrimond, P. y Eglinton, G. 1990. The record of organic components and the nature of source rocks. En: *Palaeobiology: a synthesis*. Briggs D. y Crowther, P (eds). Blackwells. p. 217-222.
- Peters, K. E. y Moldowan, J. M. 1993. *The biomarker Guide. The Biomarker Guide.v. 1*. Prentice Hall. New Jersey. 363 p.
- Rieley, g., Colier, R. J., Jones, D. M. y Eglinton, G. 1991. The biogeochemistry of Ellesmeres Lake U.K.-1: Source correlation of leaf wax inputs to the sedimentary lipid recor. *Organic Geochemistry*, v. 17, p. 901-912.
- ten Haven, H. L., de Leeuw, J. W., Rullkötter, J. and Sinninghe-Damsté, J. S. 1987. Restricted utility of the pristane/phytane ratio as palaeoenvironmental indicator. *Nature*. v. 330. p. 641-643.
- Wiger, W., Schaffner, C. y Wakehan, S. C. 1980. Aliphatic and olefinic hydrocarbons in recent sediments of Greifensee, switzerland. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 44, p. 119-129.

**ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS EN SEDIMENTOS DE LAS CUENCAS WAGNER Y CONSAG, GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO.**

Catalina A. Angeles-Cruz<sup>1</sup>, Rosa María Prol-Ledesma<sup>2</sup>, Kinardo Flores-Castro<sup>3</sup>, Carles Canet-Miquel<sup>2</sup>, Paul R. Dando<sup>4</sup>, Richard Gibson<sup>5</sup> y Fidel Pérez-Moreno<sup>6</sup>.

[ac2805@hotmail.com](mailto:ac2805@hotmail.com)

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 México D.F.

<sup>2</sup>Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 México D.F.

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra y Materiales, Departamento de Geoquímica, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Pachuca, Hgo.

<sup>4</sup>Marine Biological Association of the United Kingdom, Citadel Hill, Plymouth PL1 2PB, U.K.

<sup>5</sup>Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 México D.F.

<sup>6</sup>Área académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Pachuca, Hgo.

La materia orgánica acumulada en sedimentos marinos se deriva de restos orgánicos procedentes de fuentes autóctonas (marinas) y alóctonas (continentales) (Simoneit, 1978, 1982a). La preservación de esta materia orgánica depende de las condiciones fisicoquímicas del ambiente, así como de los efectos diagenéticos posteriores (aumento de temperatura y presión); cuando éstos ocurren durante periodos muy largos (millones de años) tales efectos alteran la materia orgánica, dando como resultado productos similares al petróleo (Hunt, 1979; Tissot y Welte, 1984). Sin embargo, se encontró la influencia de procesos hidrotermales sobre la materia orgánica sedimentaria que ha generado este tipo de productos “instantáneamente” (en tiempo geológico) en la cuenca de Guaymas (Simoneit y Lonsdale, 1982).

La conversión hidrotermal de detritos orgánicos inmaduros en sedimentos marinos es un proceso análogo a la pirólisis por vía húmeda. Por lo

anterior, se ha encontrado que la pirólisis hidrotermal de materia orgánica es un proceso común en los sistemas oceánicos de rift que tienen asociadas ventilas hidrotermales activas (p. e. Simoneit, 1990).

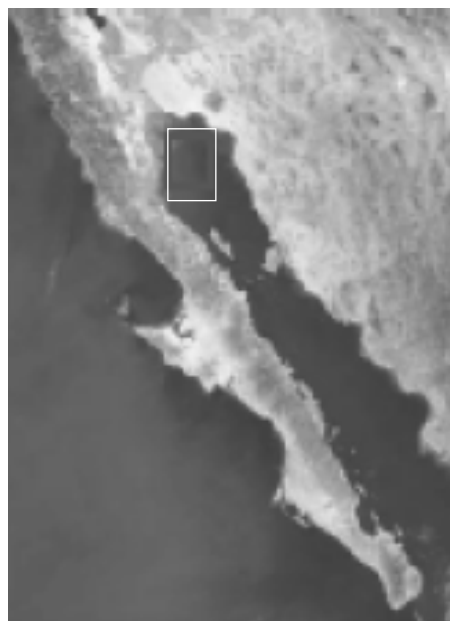


Figura 1. Zona de Estudio.

Se seleccionó el área de estudio (figura 1) con base en reportes previos de actividad hidrotermal y la presencia de algunos hidrocarburos (p. e. Comisión Federal de Electricidad, 1987; Hurtado et al., 2004, Sánchez-Guillén, 2004.); sin embargo, no se han realizado estudios del efecto de tales condiciones sobre la maduración de materia orgánica sedimentaria en esta zona.

### Procedimiento

Durante la campaña oceanográfica Wag-01 (mayo 16-29, 2007), se colectaron 24 muestras de sedimento en sitios donde la actividad hidrotermal era evidente (ventilas asociadas a las estructuras de extensión y desplazamiento lateral que gobiernan la dinámica tectónica de la Península de Baja California). Las ventilas hidrotermales y otras estructuras de interés (mud volcanoes) se localizaron al realizar un estudio batimétrico de la zona (figura 2), por medio de ecosondas (Ecosonda Simrad ES-60 de 18 KHz de frecuencia de haz dividido y Ecosonda Simrad EY-60 de 120 kHz de frecuencia) y un perfilador paramétrico del subsuelo marino (TOPAS PS 40).

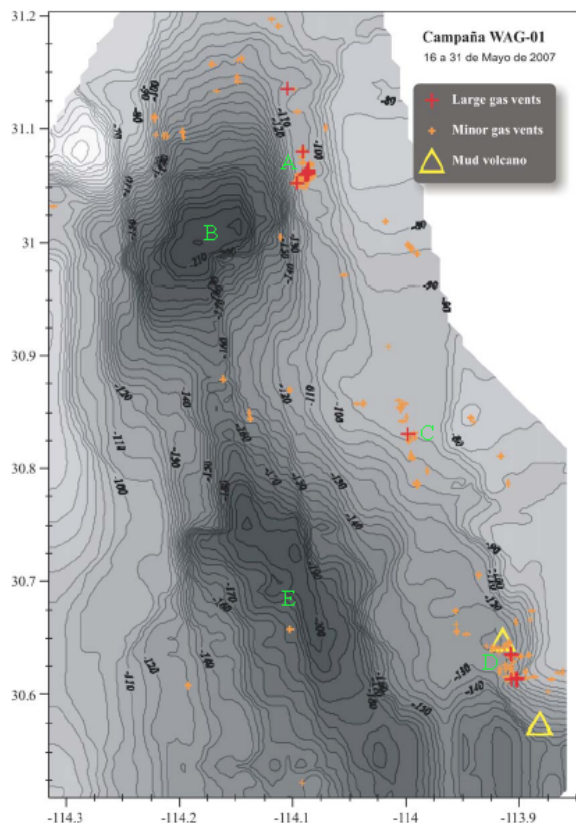


Figura 2. Mapa batimétrico general de la zona de estudio, ubicación de ventilas y otras estructuras de interés. A, B, C, D, E: Sitios de muestreo

La profundidad a la que se colectaron las muestras está entre 94 y 230m. Para el muestreo se emplearon un nucleador de caja y una draga Smith-McIntyre. Una vez que el equipo llegó a cubierta, se midió la temperatura del sedimento (entre 15.3 y 26.3° C, mientras que la temperatura promedio del agua del fondo era de 15.6° C). Las muestras se conservaron congeladas para evitar la degradación de la materia orgánica como consecuencia de la actividad biológica.

Una vez en laboratorio, las muestras fueron descongeladas y secadas a temperatura ambiente. De cada una se tomaron aproximadamente 100g de sedimento para someterlo a la extracción de materia orgánica soluble (bitumen) por medio de reflujos sucesivos con solventes orgánicos que cubrieran un amplio intervalo de polaridad. Tras cada reflujos, se recuperó el solvente y el exceso de éste fue eliminado. Tras pesar cada extracto así obtenido, éstos fueron analizados por medio de Cromatografía de Gases-Masa. La identificación de los compuestos en los extractos se realizó a través de la comparación entre los espectros de masa de cada compuesto, con los espectros de la biblioteca del equipo (Wiley138).

Tabla 1. Características particulares de los sitios de muestreo.

Zona:	Características particulares:	Muestras:	Observaciones:
A	Ventilas de gran extensión, y numerosas ventilas de menor tamaño	*W18, E1, E3, E7, E9, *E11, *W29, W31, W31 d	Profundidad (m): 99.2-125.2 T(°C): 16.1-26.3
B	Depocentro Cuenca Wagner, no se localizaron ventilas	W14	Profundidad (m): 216 T(°C): 15.3
C	Ventila de gran extensión y otras de menor tamaño	W1, W1a	Profundidad (m):93.6-94 T(°C): 16.1-16.5
D	Volcanes de lodo, ventilas de gran extensión y numerosas ventilas de menor tamaño	W2, *W20, W20b, W21, W22, W26	Profundidad (m):115.2-129.6 T(°C): 15.7-16.6
E	Depocentro Cuenca Consag, se localizó una ventila de menor tamaño	*W3, *W4, *W5, *W6, W34	Profundidad (m): 199.5-230 T(°C): 16-16.1

\* Indica que aún no se tienen los resultados del análisis del extracto hexánico correspondiente a la muestra

## Resultados y discusión

La composición de esta materia orgánica es diversa: está constituida principalmente por alcanos alifáticos (n-alcenos), en los que el número de átomos de carbono varía desde nC14 (tetradecano) a nC34 (Tetratriacontano). En menor proporción también se encuentran alcanos ramificados (p.e. isoprenoides) y cíclicos; alquenos funcionalizados (grupos cetónicos y ácidos grasos), hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's), ácidos grasos esterificados y compuestos nitrogenados (p. e. carbazoles). En este trabajo se presentan solo los resultados obtenidos del análisis de los extractos hexánicos, en los que se tiene la mayor concentración de hidrocarburos alifáticos.

La proporción que guardan entre sí los n-alcenos permite determinar algunos parámetros relacionados con su origen y madurez térmica (Bray y Evans, 1961; Scalan y Smith, 1970). Esta proporción puede establecerse empleando el porcentaje de área de los picos observados en los cromatogramas obtenidos para cada extracto (figura 3). Para fines prácticos, los resultados se presentarán de acuerdo a los sitios de muestreo descritos en la tabla 1.

A. De las muestras colectadas en esta zona se extrajeron hidrocarburos alifáticos de entre 17 y 34 átomos de carbono (figuras 4a y 4b), con predominio de los alcanos de mayor peso molecular (nC20-nC34), particularmente de nC29 en las muestras E1, E3, E7, E8, nC23 para W31 y nC30 para W31d. Esto parece indicar que la temperatura en el ambiente depósito afecta la concentración de nC29, pues se registró una temperatura de 26.3°C para 31d, donde la concentración de este compuesto es menor que la del resto de los alcanos. Se observa que la concentración de nC17 y nC19 es mucho menor a la del resto de los alcanos, esto podría ser consecuencia de un efecto de "dilución" por el aporte de material terrígeno procedente del Río Colorado.

B. De las muestras colectadas en esta zona se extrajeron hidrocarburos alifáticos de entre 15 y 31 átomos de carbono (figuras 5), se observa una distribución bimodal con predominio nC17 y nC23. Dado que esta zona está más alejada de la desembocadura del Río Colorado, además de que es muy profunda, el aporte de material terrígeno es mucho menor que en la zona A.

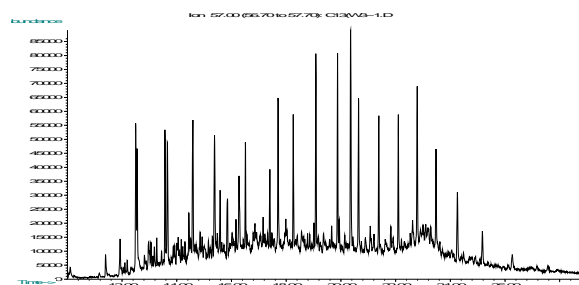


Figura 3. Ejemplo de un cromatograma de gases. Muestra W31d.

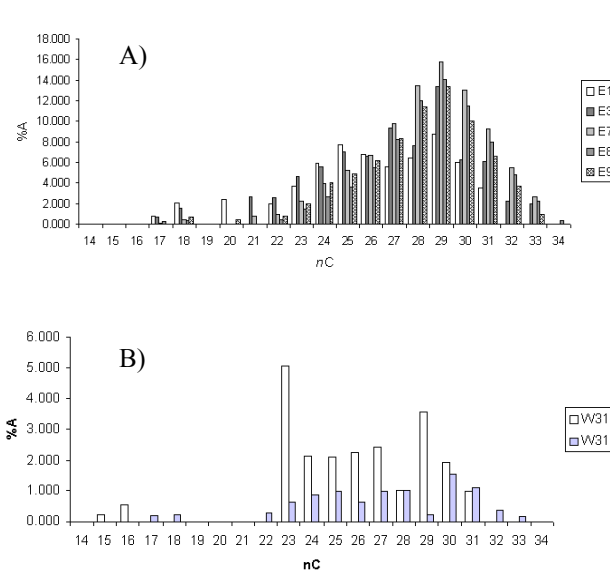


Figura 4. Distribución de hidrocarburos alifáticos en las muestras colectadas en la zona A.

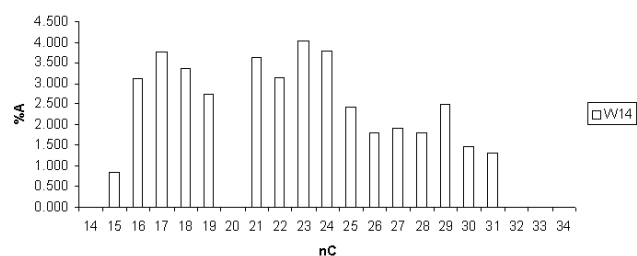


Figura 5. Distribución de hidrocarburos alifáticos en las muestras colectadas en el zona B.

C. De las muestras colectadas en esta zona se extrajeron hidrocarburos alifáticos de entre 16 y 31 átomos de carbono (figura 6), con predominio de los alcanos de mayor peso molecular (nC21-nC27). Al igual que con las muestras de la zona A, la concentración de nC29 es menor en la muestra con mayor temperatura (W1a, T=16.5°C). No se observa

el efecto de dilución de nC17 y nC19 con respecto al material de origen terrígeno.

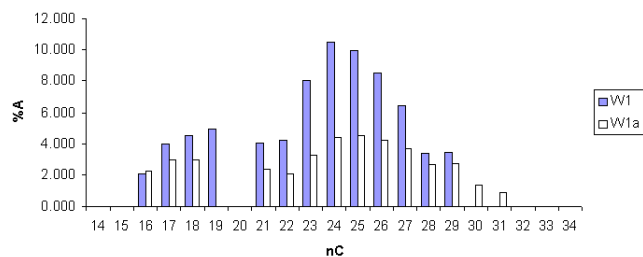


Figura 6. Distribución de hidrocarburos alifáticos en las muestras colectadas en la zona C.

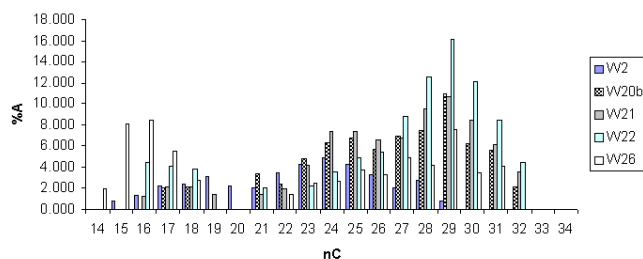


Figura 7. Distribución de hidrocarburos alifáticos en las muestras colectadas en el sitio D.

D. De las muestras colectadas en esta zona se extrajeron hidrocarburos alifáticos de entre 14 y 32 átomos de carbono (figura 7), con predominio de los alcanos de mayor peso molecular (nC21-nC31). Al igual que con las muestras de las zona A y C, la concentración de nC29 es menor en la muestra con mayor temperatura (W2,  $T=16.6^{\circ}\text{C}$ ). No se observa el efecto de dilución de nC17 y nC19 con respecto al material de origen terrígeno.

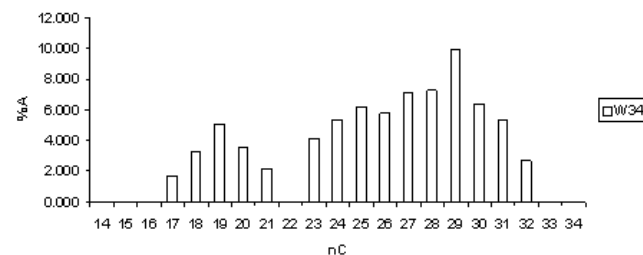


Figura 8. Distribución de hidrocarburos alifáticos en las muestras colectadas en el sitio E.

E. De las muestras colectadas en esta zona se extrajeron hidrocarburos alifáticos de entre 17 y 32 átomos de carbono (figura 8), con predominio de los alcanos de mayor peso molecular (nC23-nC32), observándose un máximo en la concentración de nC29 (en esta zona no se localizaron ventilas) No se

observa el efecto de dilución de nC17 y nC19 con respecto al material de origen terrígeno.

Los principales parámetros que pueden determinarse empleando la proporción de n-alcenos en una muestra son OEP (Odd-Even-Preference, Scalan y Smith; 1970) y CPI (Carbon Preferente Index, Bray y Evans; 1961), éstos permiten establecer el origen de los hidrocarburos: de forma general, se considera el origen de alcanos con número impar de carbonos (principalmente nC27 y nC29 y nC31) es continental, pues provienen de ceras epicuticulares de plantas; mientras que nC15, nC17 y nC19 indican un origen marino, pues son producidos por algas. Sin embargo, su presencia en las muestras de este estudio no necesariamente indica un aporte totalmente terrígeno (por influencia del Río Colorado), pues estos también pueden proceder de la alteración (desfuncionalización) de ácidos, alcoholes o ésteres con número par de átomos de carbono (origen marino), como consecuencia de la actividad hidrotermal en el área de estudio.

Para establecer con certeza el origen de estos compuestos, es necesario calcular tales parámetros solo para nC14 a nC20, y nC24 a nC35, pues la concentración de nC27 y nC29 y nC31 es muy elevada respecto a nC15, nC17 y nC19. Los valores de OEP y CPI obtenidos para el intervalo de nC24 a nC35 no son significativamente diferentes a 1 (OEP: 0.724-1.161; CPI: 0.674-1.210), lo que es característico de materia orgánica de origen marino (Peters et al., 2005)

## Conclusiones

Existe una posibilidad de que una pequeña porción de la materia orgánica sedimentaria en el área de estudio sea de origen continental, sobre todo en la zona A, que es la más próxima a la desembocadura del Río Colorado. El efecto de "dilución" de material de origen terrígeno sobre nC15, nC17 y nC19 disminuye a medida que las zonas de muestreo se alejan de la desembocadura del río.

De forma general, las muestras presentan una relación inversa entre la concentración de nC29 y la temperatura que se registró para cada una de ellas al momento de ser colectadas. La actividad hidrotermal en la zona de estudio ha alterado las características de la materia orgánica sedimentaria, como se observa en la elevada concentración de hidrocarburos alifáticos

con número impar de átomos de carbono, mismos que se originaron por la alteración térmica de compuestos de origen marino, con número par de átomos de carbono. La presencia del análogo nC14 (producto de la descomposición de moléculas más complejas) en las zonas A y D, donde se registraron las temperaturas más elevadas.

#### Referencias citadas:

- Bray, E. E. and Evans, E. D. 1961. Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source beds. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. V. 22, p. 2-15
- Hunt, J. M. 1979. *Petroleum Geochemistry and Geology*. W. H. Freeman
- Hurtado-Artunduaga, A.D., González-Fernández, A., Martín-Barajas, A., Contreras, J. P. y Mortera-Gutiérrez, C. 2004. Modelo estructural de la Cuenca de Wagner (Golfo de California) basado en sísmica de reflexión multicanal. *Geos, Unión Geofísica Mexicana*. V. 22. p. 172.
- Peters, K. E., Walters, C. C. y Moldowan, M. 2005. *The Biomarker Guide*. 2nd Edition. Cambridge, UK.
- Scalan, R. S. and Smith, J. E. 1970. An improved measure of the odd-even predominance in the normal alkanes of sediment extracts and petroleum. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. V. 34, p. 611-620
- Simoneit, B. R. T. 1978. The organic chemistry of marine sediments. In *Chemical Oceanography* (eds. Riley, J. P. y Chester, R). Academic Press. p. 233-311.
- Simoneit, B. R. T. 1982a. The composition sources and transport of organic matter to marine sediments – the chemical approach. In: *Proceedings of the Symposium of Marine Geochemistry in to the Eighties* (eds. Thompson, J. A. J. y Jamieson, D.). Natural Research Council of Canada, Ottawa. p. 82-112.
- Simoneit, B. R. T. y Lonsdale, P. F. 1982. Hydrothermal petroleum in mineralized mounds at the seabed of Guaymas Basin. *Nature*. V. 295. p. 198-202.
- Tissot, B. P. y Welte, D. H. 1984. *Petroleum formation and occurrence : A new approach to oil and gas exploration*. 2da edición. Springer Verlag

### ESTIMACIÓN DE LA MOVILIDAD GEOQUÍMICA DE LOS METALES EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA REGIÓN MINERA DE SANTA ROSALÍA, GOLFO DE CALIFORNIA OCCIDENTAL.

Evgueni Choumilin<sup>1</sup>, Griselda Rodríguez-Figueroa<sup>1</sup> y  
Vyacheslav Gordeev<sup>2</sup>  
[eshumili@ipn.mx](mailto:eshumili@ipn.mx)

<sup>1</sup>*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional, Avenida de IPN s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, Apdo Postal 592, La Paz, Baja California Sur, 23096, México.*

<sup>2</sup>*Instituto de Oceanología de P.P. Shirshov de la Academia de Ciencias de Rusia, Moscú, Rusia.*

Los sedimentos costeros cerca de Santa Rosalía están contaminados por varios metales, producidos por la antigua fundición del cobre. Pero esperados altos enriquecimientos por contaminantes metálicos no fueron observados en las macroalgas, colectadas en área de alta polución de los sedimentos, lo que puede ser la consecuencia de baja biodisponibilidad de metales. Para probar esta hipótesis la lixiviación secuencial fue aplicada a las muestras de los sedimentos con diferente nivel de polución con cobre. Se determinaron las concentraciones y las abundancias relativas de Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn en cuatro fracciones: móvil F1, relativamente móvil F2, asociada con materia orgánica /sulfuros F3 y fracción residual F4. Para los sedimentos de la zona costera de Santa Rosalía, no contaminados o ligeramente contaminados por cobre, las fracción móvil F1 y relativamente móvil F2 son las más importantes para Cd, Cu, Mn y Pb. La fracción orgánica/sulfuros F3 es bastante baja para todos los metales estudiados. La fracción inerte (residual) F4 es más alta (mayor a 65 %) para Ni y Fe, mostrando fuerte afinidad de estos dos elementos a la matriz cristalina (usualmente aluminosilicatos) de los sedimentos naturales. Los sedimentos, moderadamente contaminados con cobre, muestran semejante comportamiento, con un ligero incremento de la abundancia relativa de Cu, Ni y Pb en las fracciones F1 y F4, mientras la cantidad relativa del Zn disminuye en la segunda fracción F2 y se aumenta en la fracción residual F4. Para los sedimentos, altamente contaminados con cobre, los elementos Fe y Ni conservan su mayor relevancia de la fracción F4 con casi el mismo porcentaje que para

los sedimentos no-contaminados y moderadamente contaminados. Pero Cu, Mn, Pb y Zn aumentan drásticamente su porcentaje en la fracción F4, la cual contribuye para estos elementos en un rango 63-81 %. En este caso los metales Cu, Mn, Pb y Zn definitivamente están incorporados durante la fundición del mineral del cobre adentro de los componentes de los sedimentos muy resistentes a la acción físico-química y posiblemente no se liberan hacia las aguas subyacentes.

**CONCENTRACIONES DE ELEMENTOS TRAZA EN LA MATERIA PARTICULADA EN HUNDIMIENTO Y LOS FLUJOS DE LOS ELEMENTOS PARTICULADOS EN BAHÍA CONCEPCIÓN DURANTE LOS AÑOS 1996-1998.**

María Luisa Leal-Acosta, Evgueni Choumiline y  
Norman Silverberg  
[eshumili@ipn.mx](mailto:eshumili@ipn.mx)

*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Av. IPN s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, Apartado postal 592, La Paz, Baja California Sur, 23096, México.*

Bahía Concepción en la parte occidental de la Península de Baja California se destaca de otras lagunas de la zona por su alta productividad biológica y la influencia hidrotermal. Es un ambiente pristino sin influencia antropogénica (excepto algunas minas abandonadas de Mn en la península Concepción) y sin aportes fluviales permanentes. Además en ciertas épocas del año aparecen condiciones de hipoxia ó anoxia en la columna de agua. Es un ambiente muy propicio para los estudio de los ciclos de los elementos. Para conocer mejor la biogeoquímica de los elementos se hizo un estudios preliminar de la composición de la materia particulada en hundimiento (MPH) colectada entre 22 de mayo del 1996 hasta el 22 de marzo de 1998 por medio de una trampa de sedimentos en la zona sur de las Huertitas, anclada en un sitio con las coordenadas 26° 35' 28'' N y 111° 45' 48''W. En las muestras obtenidas se determinó por análisis de activación neutrónica la concentración de elementos mayores (Fe y Ca) y 21 elementos traza.

Los elementos que en promedio presentan concentraciones mayores a la corteza son As, Br, Cr, Sb, Se, Sr y U. Los elementos con mayor factor de enriquecimiento (FE) fueron Se (FE =739.22)> Zn

(FE =523.49)> Cr (FE= 105.36)> Br (104.18)> Sb (97.36)> As (FE= 68.60). Los enriquecimientos de los elementos mencionados fueron mayores en los primeros cinco periodos de colecta de MPH entre siguientes 22 mayo de 1996 a 30 de enero de 1997. La normalización de los contenidos los elementos de tierras raras (ETR) con lutita norteamericana permitió establecer la anomalía negativa de Eu en estas muestras. Por los flujos promedios de los elementos particulados durante el periodo mencionado se puede establecerse la secuencia: Fe (8.86 mg m-2 d-1)> Ca (6.93 mg m-2 d-1)> Sb (3.20 µg m-2 d-1)>Cr (2.13 µg m-2 d-1)> Sr (0.31 µg m-2 d-1)> Br (48.15 ng m-2 d-1)> U (27.87 ng m-2 d-1)> As (21.93 ng m-2 d-1) > Co (17.87 ng m-2 d-1)> Ce (17.12 ng m-2 d-1)> Nd (9.82 ng m-2 d-1)> La (7.64 ng m-2 d-1)> Se (7.38 ng m-2 d-1)> Rb (5.66 ng m-2 d-1)> Sc (4.35 ng m-2 d-1)> Sm (3.02 ng m-2 d-1)> Th (2.94 ng m-2 d-1)> Cs (1.79 ng m-2 d-1)> Hf (1.15 ng m-2 d-1)> Tb (0.64 ng m-2 d-1)> Lu (0.43 ng m-2 d-1)> Yb (0.42 ng m-2 d-1)> Eu (0.34 ng m-2 d-1).

**LOS PROCESOS SEDIMENTARIOS RECIENTES Y LA ACUMULACIÓN DE As, Cu Y Pb EN EL DELTA DEL RÍO COLORADO, BAJA CALIFORNIA.**

L.W. Daesslé, K.C. Lugo-Ibarra y M. Melo-Rosales  
[walter@uabc.mx](mailto:walter@uabc.mx)

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

Se colectaron núcleos de sedimento de 29-145 cm de longitud en los canales del Río Colorado (RC), Río Hardy (RH) y la Ciénega de Santa Clara (CSC). La información sedimentaria y geoquímica contenida en ellos es utilizada para evaluar los cambios en sedimentación y acumulación de potenciales contaminantes inorgánicos (As, Cr, Cu, Hg, Pb y Zn) asociados a la manipulación humana del RC durante los últimos 100 años.

Los núcleos están compuestos por horizontes alternos de arcillas limosas y limos arenosos. Las facies arcillosas son interpretadas como el registro de los eventos de flujo del RC los cuales inundaron el delta después de la construcción de presas en los Estados Unidos. La geoquímica de estos sedimentos es peculiar por la asociación de MnO con CaO, en lugar de con las arcillas ricas en Fe2O3. Algunos



núcleos (en especial del RH) muestran evidencias de contaminación por As, Pb and Cu en el pasado. Las fuentes más probables para dichos elementos asociados estadísticamente son los pesticidas arsenato de Pb, Cu y/o Ca. Dichos pesticidas se utilizaron intensivamente durante la primera mitad del siglo XX. El drenaje de pesticidas desde los campos agrícolas del Valle de Mexicali se asocia en parte a los períodos de flujo del RC. Las concentraciones de As y Cr en horizontes subsuperficiales del RH son similares o están por encima del nivel probable de efecto tóxico para organismos bentónicos con concentraciones máximas de 30  $\mu\text{g g}^{-1}$  para As y 84  $\mu\text{g g}^{-1}$  para Cr.

Al igual que en el norte del Golfo de California, las concentraciones de  $^{210}\text{Pb}$  no soportado y  $^{137}\text{Cs}$  en el sedimento son en general muy bajas y variables para poder calcular con precisión las tasas de sedimentación en los núcleos. Los perfiles de  $^{210}\text{Pb}$  no soportado sugieren que el flujo de  $^{210}\text{Pb}$  atmosférico y la sedimentación no fueron constantes. Sin embargo, la presencia de metabolitos del DDT (Ramos Delgado, 2008) y de  $^{210}\text{Pb}$  no soportado (asumiendo límites de detección de 5 – 7 veces su vida media de 22 años), sugieren tasas de sedimentación de 0.3 - 0.8 cm a $^{-1}$  durante las inundaciones de la década de 1980's.

#### Referencias citadas:

Ramos-Delgado, N. A. J. (2008) Plaguicidas organoclorados en sedimentos del delta del Río Colorado. Tesis de Maestría en Oceanografía Costera, Universidad Autónoma de Baja California, Mexico, p. 80.

#### MINERALES ARCILLOSOS Y CRISTALINIDAD DE LA ILLITA DE LA FORMACIÓN SAN FELIPE (NE DE MÉXICO)

García-González, E.G. y Ramírez-Fernández, J.A.  
[eggarcia@mail.uanl.mx](mailto:eggarcia@mail.uanl.mx)

*Facultad de Ciencias de la Tierra (UANL). Linares, Nuevo León, México.*

La Formación San Felipe forma parte de la secuencia de la Sierra Madre Oriental. Dicha Sierra designa un rasgo orográfico, formado por un cinturón

cabalgado y plegado situado en el Oriente de la República Mexicana. Dicha Formación fue definida por Muir en 1936 en la localidad de San Felipe, S.L.P. y posteriormente Seibertz (1988) propuso una localidad neotipo en la sierra de La Colmena, al oeste de Cd. Valles.

En el NE de México, la posición bioestratigráfica está considerada, normalmente, como Coniaciano-Santoniano (Padilla y Sánchez, 1982). La Fm. San Felipe está compuesta por dos unidades, el miembro inferior llamado Miembro La Boca está constituido por una intercalación de areniscas verdes, limonitas, lutitas y calizas presentando un espesor de 32 m aproximadamente; el miembro superior, llamado Miembro Solís el cual consta de intercalaciones similares a las del Miembro La Boca y adicionalmente de creta silicificada presentándose en capas blancas (porcelanita) presentando un espesor de de 95 m aproximadamente.

El presente trabajo pertenece al proyecto Paycit CT1380-06 y su continuación, Paycit CT1709-07. Se han tomado muestras en materiales lutíticos, limolíticos y “capas verdes”, especialmente. La finalidad del muestreo ha sido establecer los minerales arcillosos presentes y determinar la cristalinidad de la illita, que ha permitido fijar la alteración de illita a interestratificado illita/esmectita, ubicación en un ambiente sedimentario y concretamente, en cuencas que rodean al borde del continente. En varias zonas se ha llevado a cabo el muestreo, pertenecientes al Estado de Nuevo León, y en las proximidades de las localidades de Linares y Galeana.

La identificación de los minerales de arcilla se realizó por Difracción de Rayos X, determinándose varios interestratificados (anteriormente no mencionados en la literatura), illita, caolinita, montmorillonita y talco en los materiales citados anteriormente. El objetivo principal, en relación a la mineralogía, ha sido la caracterización de la devitrificación de cenizas volcánicas, que da un producto con cantidades variables de arcilla, no llegándose a consolidar realmente como bentonitas, según indica la presencia de esmectitas ricas en aluminio e interestratificados illita/esmectita con bajo contenido en illita.

## CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN LOS SEDIMENTOS DE LA FORMACIÓN AGUA NUEVA (CENOMANIANO/TURONIANO) EN XILITLA, SAN LUIS POTOSÍ Y SU RELACIÓN CON EL OAE2.

Rojas-León A.<sup>1,2</sup>, Blanco-Piñón A.<sup>1</sup>, Maurrasse F. J.-M. R.<sup>3</sup> y Hernández-Avila J.<sup>2</sup>  
[adriana\\_electron@hotmail.com](mailto:adriana_electron@hotmail.com)

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Químicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5. Col. Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo

<sup>2</sup>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.

<sup>3</sup>Earth Sciences Department. Florida International University. 11200 SW 8th Street. University Park Campus. Miami FL.

### Introducción

Los intervalos de tiempo en los que existieron condiciones deficientes de oxígeno libre en la columna de agua son conocidos como Eventos de Anoxia Oceánica (OAE's) (Schlanger & Jenkyns, 1976). Estos intervalos son reconocidos por la presencia de sedimentos laminados, ricos en Corg y pirita sedimentaria, ausencia de bentos y bioturbadores del sedimento, así como la presencia de asociaciones fósiles con buen grado de preservación. Actualmente se reconocen seis OAEs en el Cretácico, de los cuales sólo el ocurrido durante el Aptiano temprano (OAE1a o Evento Selli) y el Cenomaniano/Turoniano (OAE2 o Evento Bonarelli) ocurrieron a escala global (Kuypers, 2003).

En el noreste de México, se han reportado varias localidades donde afloran sedimentos asociados al OAE's del Cretácico (Duque-Botero, 2006). Maldonado-Koerdell (1956), reporta en la región de Xilitla, S.L.P., sedimentos laminados con fauna fósil bien preservada en capas de la Formación Agua Nueva (Turoniano). Blanco-Piñón et al. (2008), sugieren que estas capas podrían estar asociadas al OAE2 del Cenomaniano-Turoniano basado en datos litológicos, petrográficos y a la presencia del foraminífero planctónico *Rotalipora cushmani* del Cenomaniano tardío y del bivalvo *Inoceramus labiatus*, del Turoniano temprano.

El propósito de este trabajo es obtener el contenido de materia orgánica (Morg) mediante la determinación de Corg en las capas fosilíferas de la Formación Agua Nueva en Xilitla, S.L.P. con el objetivo de establecer, apoyados en evidencia litológica, de microscopía y petrográfica, las condiciones de depósito durante su acumulación y establecer una posible relación con el Evento Bonarelli (OAE2) del Cenomaniano/Turoniano.

### Formación Agua Nueva en Xilitla: litología

El área de estudio se localiza en el poblado de Xilitla, San Luis Potosí, México central (Figura 1). En esta localidad, la Formación Agua Nueva consiste en una alternancia de lutitas no fosilíferas de color café y 5 cm de espesor, y carbonatos fosilíferos de color gris oscuro con espesores que varían entre 10-20 cm (Figura 2). Los carbonatos presentan laminación primaria a escala milimétrica, horizontes de pedernal negro de hasta 5 cm de espesor, así como ocasionales horizontes de pirita con espesores de 2 cm. Bioturbación y/o organismos bentónicos aparte de Inocerámidos no han sido observados en estas capas. Por otro lado, las lutitas no presentan estructura interna aparente, sin embargo, algunas capas exhiben horizontes de 2-4 cm de espesor de bentonita verde.

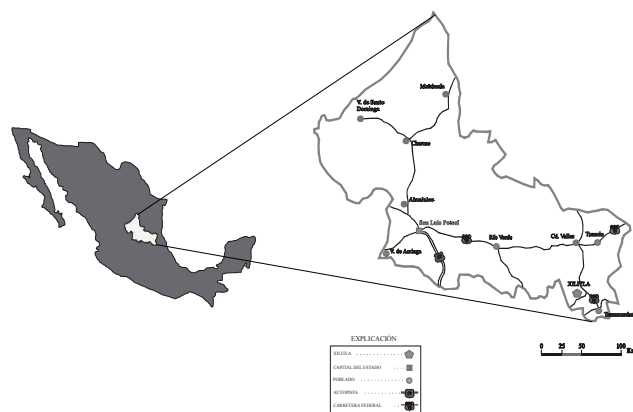


Figura 1.- Localización geográfica de Xilitla, S.L.P.; México central.

### Muestreo y métodos de laboratorio

Muestras de roca de la Formación Agua Nueva fueron colectadas de una sección de aproximadamente 5.5 m de altura y fueron colectadas estrato por estrato o a intervalos de 10 cm. Observaciones a través de microscopio electrónico de barrido fueron hechas a las muestras de pirita con el

fin de observar estructuras framboidales. Porcentajes de carbono inorgánico (CIT) y orgánico (COT) fueron obtenidos a través de un analizador LECO CR-412 de acuerdo a Duque-Botero y Maurrasse (2005).



Figura 2.- Formación Agua Nueva en Xilitla, S.L.P.

## Resultados

### Análisis ópticos

Un total de tres muestras de pirita expuesta en las capas de calizas de la Formación Agua Nueva en Xilitla fueron observadas bajo Microscopio Electrónico de Barrido marca JEOL JSM-6300 (Figura 3a). En todas las muestras se detectó pirita framboidal, la cual representó el tipo de arreglo más abundante. Los framboides consisten en microcristales equigranulares formados principalmente por cubos o por piritahedros menores a 1 micrómetro de diámetro. Los microcristales están empaquetados con grados variables de ordenamiento, formando agregados que van desde formas irregulares (tal vez por rompimiento mecánico) hasta casi esféricas con diámetros variables pero que no exceden los 20 micrómetros (Figura 3b).

### Contenido de CIT/COT

Se procesaron un total de 71 muestras obteniendo el contenido en porcentaje en peso seco del CIT y de COT (Figura 4). La fracción carbonatada exhibe una variación en su contenido de carbono inorgánico ( $=\text{CaCO}_3$ ) entre el 67% y 93%, mientras que la fracción margosa presentó valores entre 36% y 64%. Las calizas presentaron un contenido de Corg ( $=\text{Morg}$ ) que oscilan entre valores bajos de 0.3% hasta 2.6%, mientras que en la fracción

margosa estos valores llegan a alcanzar el 3.73%. El significado de estos valores será discutido en la sección de discusión. De acuerdo Schlanger y Jenkyns (1976), sedimentos con un contenido mayor al 1% de Corg son asociados con OAEs, por lo que la presencia de sedimentos ricos en Morg en Xilitla, sugiere la presencia de condiciones deficientes de oxígeno en la columna de agua durante su depósito. La presencia de capas con porcentajes mayores al 1% de Corg indica que capas de la Formación Agua Nueva en Xilitla pudieron ser depositadas bajo condiciones deficientes de oxígeno, sin embargo, la presencia de capas con bajo contenido de Corg sugieren que estas condiciones tal vez no permanecieron constantes a lo largo de la depositación.

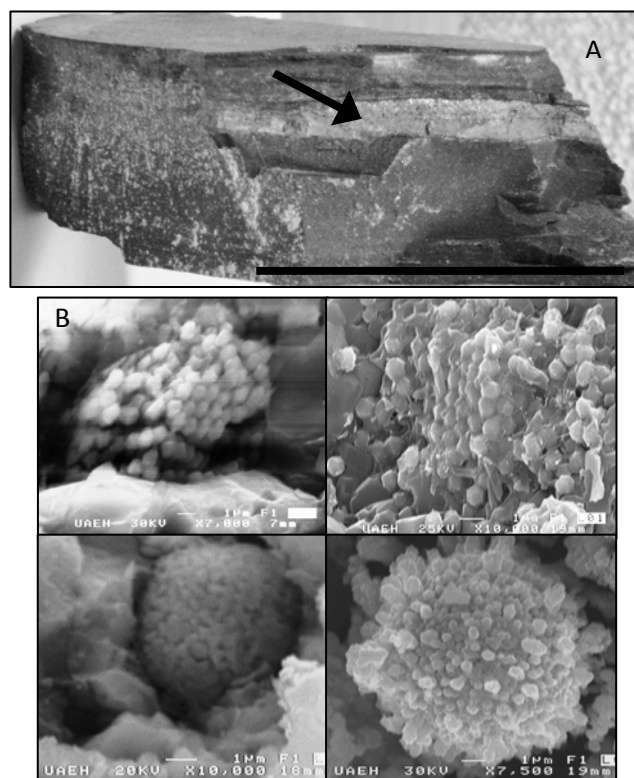


Figura 3.- Pirita sedimentaria en calizas de la Formación Agua Nueva a) vista macroscópica. Escala: 50 mm. b) framboides. Escala ilustrada en la figura.

## Discusión y conclusión

En Xilitla, las capas de la Formación Agua Nueva presenta laminación paralela fina y ausencia de bentos y bioturbadores del sedimento. Savrda et al., (1991) sugieren que estas condiciones indican anoxia/disoxia en el sedimento y la parte más profunda de la columna de agua, ya que estas

condiciones controlan y/o inhiben el desarrollo de organismos en el fondo marino. Por otro lado, la presencia de pirita framboidal indica un origen sedimentario para este mineral.

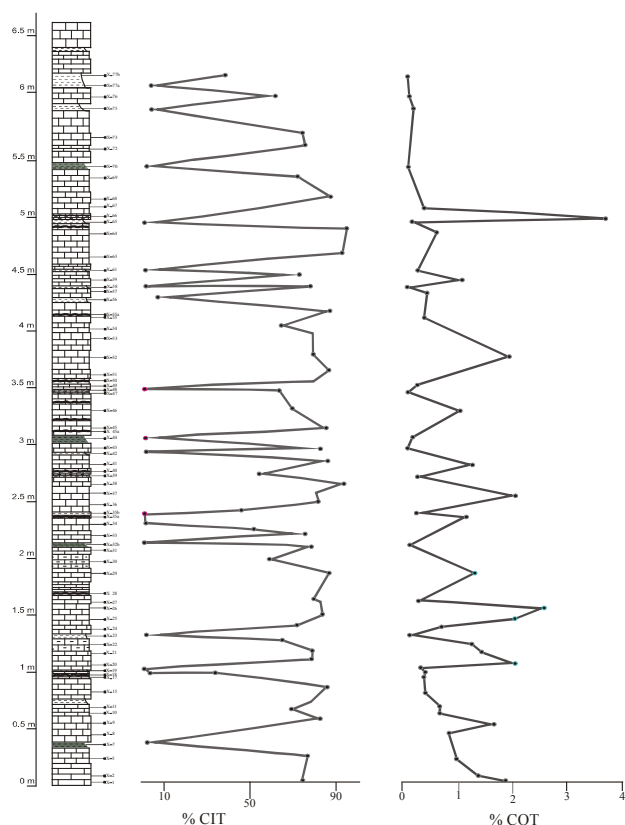


Figura 4.-Relación entre COT y CIT en las capas de la Formación Agua Nueva en Xilitla S.L.P.

Para formar pirita sedimentaria se requiere un ambiente reductor, Morg (presente en las capas de Xilitla), y sulfobacterias que degraden a esta última para producir H<sub>2</sub>S. Posteriormente, este compuesto es reducido y forma monosulfuro de hierro, que a su vez, reacciona con iones de hierro libres presentes en el medio para formar pirita (Berner, 1984). De acuerdo a lo anterior, es posible argumentar que las condiciones de anoxia se establecieron en el fondo de la columna de agua durante el depósito de las capas de la Formación Agua Nueva. Sin embargo, la presencia de peces fósiles, foraminíferos planctónicos y radiolarios (Blanco-Piñón et al, 2008), indican que, al menos en la zona fótica de la columna de agua, existieron condiciones bien oxigenadas.

Por último, Blanco-Piñón et al. (2008), basados en estudios bioestratigráficos, sugieren que

las capas de la Formación Agua Nueva en Xilitla, fueron depositadas durante el Cenomaniano tardío y Turoniano temprano, intervalo de tiempo en el que se registra el OAE2 o Evento Bonarelli en diferentes partes del mundo. Esto sugiere que este evento también tuvo lugar en el centro de México.

#### Referencias citadas:

- Berner, R. A. 1984. Sedimentary pyrite formation: An update. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 48: 605-615.
- Blanco-Piñón, A., Maurrasse, F.J.-M.R., Rojas-León, A. & Duque-Botero, F. 2008. Cyanobacteria/Foraminifera Association from Anoxic/Dysoxic Beds of the Agua Nueva Formation (Upper Cretaceous - Cenomanian/Turonian) at Xilitla, San Luis Potosi, Central Mexico. *Eos Trans. AGU*. 89(23). *Jt. Assem. Suppl.*, Abstract "PP24A-04".
- Duque-Botero, 2006. Paleoenvironmental implications of the Indidura Formation (Cenomanian/Turonian), northeastern Mexico: a high resolution stratigraphic study. Tesis Doctoral. Florida International University. Miami: 172p.
- Kuypers, M.M.M. 2003. Mechanisms and biogeochemical implications of the mid-Cretaceous global organic carbon burial events. Tesis Doctoral. *Geologica Ultraiectina No*, 2009. Universiteit Utrecht, Utrecht: 135p.
- Maldonado-Koerdell, M. 1956. Peces fósiles de México III. En *Nota preliminar sobre los peces del Turoniano Superior de Xilitla, san Luis Potosí, México*. *Ciencia* 16(13): 31-35.
- Savrda, C.E., Bottjer, D.J. & Seilacher, A. 1991. Redox-related benthic events. En: *Cycles and events in stratigraphy*. Einsele, G., Ricken, W., & Seilacher, A. (Eds). Springer-Verlag, Berlin: 524-541.
- Schlanger, S.O. & Jenkyns, H.C. 1976. Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequences. *Geologie en mijnbouw*. 55: 179-184.

**LOS MINERALES ARCILLOSOS EN SEDIMENTOS  
COMO INDICADORES DE PROCEDENCIA Y PALEO-  
MONZÓN**

K. Pandarinath  
[pk@cie.unam.mx](mailto:pk@cie.unam.mx)

*Departamento de Sistemas Energéticos, Centro de  
Investigación en Energía, Universidad Nacional  
Autónoma de México, Priv. Xochicalco s/no., Co.l Centro,  
A. P. 34, Temixco 62580, Mexico*

Los minerales arcillosos en núcleos de sedimentos fueron estudiados para inferencias de procedencia y paleo-monzón. Los sedimentos de profundidades diferentes en estos núcleos han sido analizados para determinar los minerales arcillosos, su contenido de materia orgánica y la cronología (14C). Esmectita fue el mineral arcilloso más predominante seguido por ilita, caolinita y clorita en los sedimentos de estos núcleos.

Con base en: (1) las similitudes de abundancias de los minerales arcillosos y sus porcentajes en peso relativos en los núcleos de sedimentos marinos y en sedimentos de la superficie del estuario de la tierra adyacente; (2) ilitas enriquecidas en Al; y (3) contribución insignificante de los minerales arcillosos de las fuentes de ambiente marino más profundo y de origen eólico, puede inferirse que los sedimentos de los núcleos marinos son derivados de la tierra costera adyacente.

Las variaciones en Índice de Cristalinidad (I.C.) del mineral ilita y abundancia de materia orgánica en profundidades diferentes de los núcleos, indican las condiciones de monzón intenso (la lluvia intensa) en la tierra adyacente durante los períodos de 4345-6083 y 9560-10414 años BP (antes de presente). Las observaciones de paleo-monzón derivaron del I.C. de ilita y del contenido materia orgánica son comparables a aquellos derivados de otros indicadores establecidos de paleo-monzón (de datos de  $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{18}O$ , C/N, polen, tasas de sedimentación, etc.).

Este trabajo significa que el I.C. del mineral ilita, es un parámetro fácilmente determinable y climáticamente sensible en sedimentos constituyendo un indicador confiable de paleo-monzón.

**GEOLOGÍA Y GEOQUÍMICA DEL DEPÓSITO  
EVAPORÍTICO DE SAN NICOLÁS EN EL ESTADO DE  
HIDALGO (MÉXICO).**

Kinardo Flores-Castro<sup>1</sup>, Claudia Pérez-Ángeles<sup>1</sup>,  
Priyadarsi D. Roy<sup>2</sup>, Catalina Angeles-Cruz<sup>3</sup>, Fidel  
Pérez-Moreno<sup>1</sup>, Richard Gibson<sup>4</sup>, J.S. Armstrong-  
Altrin<sup>1</sup> y Rufino Lozano-Santa Cruz<sup>2</sup>.  
[kinardo\\_flores@hotmail.com](mailto:kinardo_flores@hotmail.com)

<sup>1</sup>*Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra y  
Materiales. Departamento de Geoquímica. Universidad  
Autónoma del Estado de Hidalgo. Cd. Universitaria.  
Pachuca, Hidalgo. CP. 42184.,*

<sup>2</sup>*Instituto de Geología. Departamento de Geoquímica.  
Universidad Nacional Autónoma de México. Cd.  
Universitaria. México, D.F. CP. 04510.*

<sup>3</sup>*Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad  
Nacional Autónoma de México. Cd. Universitaria. México,  
D.F. CP. 04510.*

<sup>4</sup>*Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma  
de México. Cd. Universitaria. México, D.F. CP. 04510.*

El depósito de yeso objeto de este estudio, se localiza en el municipio de Jacala de Ledesma, al noroeste del estado de Hidalgo, en las inmediaciones de la Sierra Madre Oriental. La geología de la región está representada por rocas sedimentarias marinas pertenecientes a las formaciones Tamaulipas-El Abra y Soyatal del Cretácico Inferior y Superior respectivamente, que a su vez han sido intrusionadas por un stock de cuarzomonzodiorita del Terciario temprano.

La explotación del banco ha dejado un talud de aproximadamente 50m de altura, prácticamente vertical, situación indeseable para una apropiada y benéfica extracción del mineral; esto debido a una mala planeación del banco y la falta de conocimiento sobre la geología-morfología del yacimiento.

En el banco, de dimensiones y calidad económicas, se midieron dos secciones perpendiculares a la estratificación y se recolectaron un total de 20 muestras que fueron destinadas para estudios mineralógicos, petrográficos y geoquímicos. De la base a la cima se presentan diversos estadios de la depositación, principalmente de sulfatos de calcio (estratificados y masivos), también se han identificado miembros clásticos-carbonatados (con azufre nativo interdigitado) que alternan con caliza,

marga y caliza dolomitizada. La edad del yacimiento se desconoce, pero se estima que pudiera corresponder a la base del Cretácico Inferior (?) de la Formación Tamaulipas Inferior-El Abra y a una de sus facies marino-marginales.

Los resultados y su interpretación, apoyarán un modelo de sedimentación y proporcionarán información fisicoquímica y biológica de la cuenca de depósito. También se recomendará una alternativa más viable de explotación para un mejor aprovechamiento del yacimiento.

**GEOCHEMISTRY OF CLASTIC ROCKS OF MURAL FORMATION (APTIAN-ALBIAN), NORTHERN SONORA, MEXICO.**

J. Madhavaraju, Hannes Löser y C.M. González-León  
[mj@geologia.unam.mx](mailto:mj@geologia.unam.mx)

*Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología  
 Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado  
 Postal 1039 Hermosillo, Sonora 83000, México.*

The Mural Formation is well developed in a 300 km long transect which extends from Sierra El Chanate (westernmost part) to Cerro El Caloso Pitaycachi (northeastern most outcrops) localities. This formation mainly consist of clastic (sandstone and shale) and carbonate rocks and these sedimentary rocks were deposited during transgressive-regressive cycles. The lithostratigraphic studies of Mural Formation show minor facies changes from west to east. The marine Mural Formation is deposited between fluvial deposits of Bisbee Group. The Aptian-Albian Mural Formation in northern Sonora mainly consists of eight members viz. i) Fronteras (F), ii) Rancho Bufalo (RB), iii) Cerro La Ceja (CLC), iv) Tuape Shale (TS), v) Los Coyotes (LC), vi) Cerro La Puerta (CLP), vii) Cerro La Espina (CLE) and viii) Mesa Quemada (MQ). Major, trace and rare earth elements (REE) were carried out on the shale samples of Mural Formation in order to find out the geochemical variations among different litho-units and also to identify the provenance characteristics.

F, RB and CLC members show slight enrichment of SiO<sub>2</sub> (wt %) content ( $70 \pm 5.6$ , n=5;  $70$

$\pm 7.8$ , n=6;  $65$ , n=1; respectively) than TS, LC and CLP members ( $54 \pm 5.6$ , n=6;  $51 \pm 3.6$ , n=5;  $55 \pm 2.3$ , n=7; respectively). Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content is more in the CLP member ( $14 \pm 2.1$ , n=7) than the F, RB, CLC, TS, LC members ( $10.6 \pm 1.7$ , n=5;  $10.5 \pm 2.7$ , n=6;  $11.6$ , n=1;  $10.7 \pm 2.4$ , n=6;  $8.5 \pm 1.1$ , n=5; respectively). Slight enrichment of K<sub>2</sub>O than Na<sub>2</sub>O content is observed in the shale samples of Mural Formation. Many elements (eg. Th, Rb and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) show positive correlation with K<sub>2</sub>O which suggest that the concentration of these elements are mainly controlled by illite. The K<sub>2</sub>O/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ratio of the shale samples of Mural Formation vary from 0.10 to 0.28 (ave.  $0.19 \pm 0.04$ , n=30) which suggest that the illite is the dominant clay mineral in these shales. PAAS normalized patterns of shale show a moderate depletion of V, Rb, Zr, Nb, Th and U whereas Sr content is slightly enriched with respect to those of PAAS. Shale samples from CLC member show depletion of Ni, Rb and Pb than PAAS. Shale samples from CLP member show marked depletion of Ba whereas RB and CLC members show slight enrichment of Ba with respect to PAAS. Some trace elements such as V, Sc and Ni are positively correlated with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> which indicate that these elements may be bound in the clay minerals and concentrated during weathering.

Large variations in  $\Sigma$ REE content are observed between F, RB, TS, LC and CLP (78.21 to 159.45 ppm, 87.08 to 188.49 ppm, 121.21 to 154.56 ppm, 96.57 to 138.63 ppm, 122.54 to 155.48 ppm, respectively). In chondrite normalized REE plot, the shale samples of Mural Formation show LREE enriched and relatively flat HREE patterns with negative Eu anomaly. Eu/Eu\*, La/Sc, Th/Sc, Th/Co and La/Co ratios were compared with the sediments derived from felsic and basic rocks (fine fraction) which suggest that these ratios are within the range of felsic rocks. TiO<sub>2</sub> vs Ni and Th/Co vs La/Sc plots and REE patterns also suggest the felsic nature of the source rocks.

## **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 adquiriera 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 membrecía.

#### **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 2006**

#### **Artículo 45**

Los criterios para evaluar los trabajos estudiantiles son s 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 concursen 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 desierta cualquiera de las categorías, si los trabajos presentados no reúnen la calidad suficiente de acuerdo al criterio de los árbitros.

#### **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.

# NOTICIAS INAGEQ

Vol. 18

No. 1

Septiembre de 2008

## CONTENIDO

	Pag.
<b>Bienvenida al XVII Congreso Nacional de Geoquímica</b>	66
<b>Reseña de la Asamblea General 2007</b>	
1. Lectura y en su caso, aprobación del orden del día.	67
2. Lista de asistencia y verificación del Quórum	67
3. Lectura y en su caso aprobación del Acta No. 12 de la Asamblea General 2006.	67
4. Informe de la Mesa Directiva (2006-2007).	67
a. Informe del Presidente	
b. Informe de la Tesorera	
5. Establecer los costos de membresías e inscripción al Congreso Nacional 2008	68
6. Información del estado actual de la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas (RMCG) y la participación del INAGEQ.	68
7. Presentación de propuesta para la publicación en línea (página Web del INAGEQ: <a href="http://www.inageq.org.mx/">http://www.inageq.org.mx/</a> ) de todas las ediciones de ACTAS INAGEQ.	69
8. Análisis de propuestas de sedes de los próximos congresos nacionales del 2008 y 2009.	69
9. Nuevos nombramientos en el INAGEQ y Situación de las Delegaciones Regionales y presentación de puestos vacantes.	
10. Asuntos Generales:	70
a. Cursos pre- y post congresos y excursiones de	

### BIENVENIDA AL XVII CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA

El XVII Congreso Nacional de Geoquímica, tuvo como sede la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), en la bella-aerosa ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo, del 1 al 6 de Octubre de 2007. El evento se desarrolló en el auditorio del CEVIDE con una perfecta organización encabezada por el Dr. John .S. Armstrong-Altrin y su equipo de colaboradores conformado por académicos y estudiantes.

Tuvo una nutrida participación de destacados científicos y académicos de instituciones nacionales y extranjeras, siendo remarcable la presencia de los estudiantes que le imprimió un toque especial al evento. Se presentaron 76 contribuciones repartidas en 15 sesiones temáticas en áreas de la Geoquímica, se ofreció un curso post-congreso y se realizó una visita geológico-turística a los basaltos columnares de Miguel Raya, Hgo.

Fue un congreso muy exitoso que permitió el intercambio de experiencias, ideas y contactos.

En horabuena,



Francisco A. Paz Moreno  
*Presidente*

### **ACTA DE LA ASAMBLEA GENERAL ORDINARIA INAGEQ 2007, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO, PACHUCA, HGO.**

Siendo las 16:30 horas del día 4 de Octubre de 2007, y estando reunidos en el Auditorio del Centro de Vinculación Internacional y Desarrollo Educativo (CEVIDE) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), se dio inicio a la Asamblea General Ordinaria INAGEQ 2007, como parte de las actividades del XVII Congreso Nacional de Geoquímica. La asamblea se instaló con quórum legal de 14 miembros-socios, celebrándose bajo el siguiente orden del día:

1. Lectura y en su caso, aprobación del orden del día.
2. Lista de asistencia y verificación del Quórum (según los estatutos INAGEQ, BII de las secciones y reuniones, Art. 28).
3. Lectura y en su caso aprobación del Acta No. 12 de la Asamblea General 2006.
4. Informe de la Mesa Directiva (2006-2007).
  - a. Informe del Presidente
  - b. Informe de la Tesorera
5. Establecer los costos de membresías e inscripción al Congreso Nacional 2008 (pagos de inscripción adelantados, beneficios de socios, etc.)
6. Información del estado actual de la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas (RMCG) y la participación del INAGEQ.
7. Presentación de propuesta para la publicación en línea (página Web del INAGEQ: <http://www.inageq.org.mx/>) de todas las ediciones de ACTAS INAGEQ.
8. Análisis de propuestas de sedes de los próximos congresos nacionales del 2008 y 2009.
9. Nuevos nombramientos en el INAGEQ y Situación de las Delegaciones Regionales y presentación de puestos vacantes.
10. Asuntos Generales:
  - a. Cursos pre- y post congresos y excursiones de campo (análisis)

Después de dar el Secretario del INAGEQ, Dr. Edgar R. Santoyo Gutiérrez, lectura al orden del día y al acta de la Asamblea General Ordinaria 2006, y de haber sido estos aprobados por unanimidad de la Asamblea, el Presidente del INAGEQ, Dr. Francisco Paz Moreno, procedió a informar sobre las actividades de la Mesa Directiva en su período 2006-2007:

#### **4. INFORME DE LA MESA DIRECTIVA (2006-2007)**

##### ***a. Informe del Presidente***

El presidente del INAGEQ, Dr. Francisco Paz Moreno, informó sobre las actividades más importantes de este período 2006-2007.

- Describió los detalles de la organización del XVII Congreso Nacional, en donde también agradeció públicamente el apoyo recibido por parte de los organizadores de la sede, Dr. John S. Armstrong y su grupo de trabajo (investigadores, profesores y estudiantes de la UAEH). Asimismo informó que durante el 2007 realizó una visita de 3 días a la UAEH para discutir y revisar el programa técnico, logístico y de apoyos para la organización del XVII Congreso Nacional, y aclaró que esta visita no tuvo costo para el INAGEQ. En el contexto de la organización de futuros congresos, el Dr. Paz Moreno expuso también la pertinencia de que el Presidente

del INAGEQ realice viajes previos a las sedes con el objeto de solicitar o conocer los apoyos que se tendrían en la organización del Congreso Nacional Anual. Finalmente, informó que se tuvo un acercamiento tardío con la Sociedad Mineralógica de México, por lo cual se decidió organizar en forma independiente el Congreso del INAGEQ 2007. Sin embargo considera conveniente restablecer la comunicación con esta sociedad para un mejor desarrollo y difusión del INAGEQ.

- El Dr. Paz Moreno informó que se ha mejorado la relación con la RMCG a través de los acercamientos que ha tenido con la Editora en Jefe, Dra. Susana Alaniz y que según reporta nuestro representante en el cuerpo editorial de la revista, Dr. Surendra Pal Verma, se siguen recibiendo para evaluación y publicación manuscritos sobre geoquímica como tema central.
- Finalmente, se informó que el domicilio fiscal del Instituto Nacional de Geoquímica A.C (INAGEQ). fue nuevamente actualizado, teniendo como dirección actual: 2a. Privada de Potrero Verde 30, Jacarandas, Morelos 62420. Esta actualización permitió una nueva emisión de facturas del INAGEQ, las cuales fueron ya usadas en el XVII Congreso Nacional.

##### ***b. 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 5 Septiembre 2006 – 4 Octubre de 2007.

Durante el XVII congreso INAGEQ, de 2007, al 4 Octubre de 2007, se obtuvieron por concepto de pagos de inscripción, membresías, cursos y venta de libros la cantidad de \$27,375.00 pesos m.n (en efectivo) y \$5,500.00 pesos m.n (en depósitos bancarios a la cuenta corriente de cheques), quedando pendiente la contabilización de ingresos y egresos al cierre del congreso. 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). Como apoyo a los estudiantes externos que asistieron al Congreso XVII, y que solicitaron apoyo al INAGEQ, la PST decidió apoyarlos para su participación en éste con un pago de \$100.00 a c/u por concepto de costo de membresía e

inscripción, con lo cual tuvieron acceso a las conferencias y sin derecho a las Actas INAGEQ del XVII Congreso.

En la cuenta corriente (chequera), y al día 31 de julio de 2007, se tenía un balance de \$8,291.00 pesos m.n como saldo del 2006 después de pagos por concepto de la organización del XVI congreso INAGEQ (2006). Del saldo disponible en efectivo se realizaron los siguientes pagos: (i) \$4,600.00 (RMCG, Vol. 23-3); (ii) \$5,850.00 (50 ejemplares de la RMCG, Vol. 24-1); (iii) \$5,000.00 (50 ejemplares de la RMCG, Vol. 24-2); (iv) \$3,000.00 (por concepto de pago de premios a 3 estudiantes: \$1,200.00, \$1,000.00 y \$800.00); (v) \$866.20 (por concepto de gastos de papelería); (vi) \$5,000.00 (por concepto de gastos de apoyo a investigadores visitantes: Drs. V. Balaram y B. Gurugnanam, quienes participaron con conferencias magistrales, respectivamente; (vii) \$4,800.00 (por concepto de 15 ejemplares del libro de estadística básica y su envío); (viii) \$747.50 (por concepto de impresión de facturas del INAGEQ); y (ix) se dio apoyo para hospedaje durante el XV congreso a los que se hace referencia en el acta del 2005, y el pago de diversas comisiones bancarias correspondientes. Además se tiene un reembolso de gastos pendientes por comprobar y liquidar del XV Congreso INAGEQ por \$2,533.00. Finalmente, en Junio de 2007 se entregaron al comité organizador del XVII Congreso INAGEQ \$15,000 para su organización.

##### 5. COSTOS DE LAS MEMBRESÍAS DEL INAGEQ

Con base en los estatutos del INAGEQ, se presentaron y analizaron varias propuestas para actualizar los costos de las membresías del INAGEQ para el XVIII Congreso Nacional de Geoquímica. Los costos aprobados son dados en la Tabla 1. Asimismo se mencionó, que en el caso de los estudiantes y con el objeto de bajar los costos de edición de las memorias del congreso, el INAGEQ subirá a la página las memorias para que los estudiantes interesados puedan descargarlos directamente.

##### 6. INFORMACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS GEOLÓGICAS (RMCG) Y LA PARTICIPACIÓN DEL INAGEQ.

El Dr. Francisco Paz Moreno informó a la Asamblea que se adquieren actualmente 3 ejemplares de la revista por año y que se ha mejorado la relación con la RMCG, a través de los acercamientos que ha tenido con la Editora en Jefe, Dra. Susana Alaniz.

Por otra parte, el Dr. Surendra Pal Verma (Editor en el Área de Geoquímica y representante por el INAGEQ) mencionó que se siguen recibiendo manuscritos sobre geoquímica para evaluación y publicación, y que durante el 2007, se publicaron 10 artículos de geoquímica y se tenían 5 artículos en proceso avanzado de arbitraje. El Dr. Verma informó también que en la primera evaluación del Factor de Impacto (FI) de la RMCG, el *Science Citation Index* (SCI) reporta un FI=0.682, que ubica a la revista en el lugar 98/136 (Área de Geociencias-Multidisciplinaria) y en segundo lugar en la clasificación de revistas Mexicanas indizadas y registradas en el SCI.

**Tabla 1. Costo de Membresías al INAGEQ e Inscripción al Congreso (en pesos, M.N.)**

	Pago Anticipado		Pago Durante Evento	
	Membresía	Inscripción	Membresía	Inscripción
Socio Vitalicio	2,500.00	500.00	2,500.00	600.00
Congreso Socios	250.00	500.00	250.00	600.00
Congreso No Socios		850.00		950.00
Congreso Estudiante Socio	100.00	150.00	100.00	175.00
Congreso Estudiante No Socio		275.00		325.00
Stand (Exposición)		5,000.00		
Publicidad en Actas INAGEQ		10,000.00		

NOTA: El precio TOTAL del Congreso = costo Membresía + costo Inscripción + costo Curso (en su caso)

Asimismo, informó que ya se publican trabajos de investigación del exterior en inglés, lo cual refleja ya el reconocimiento de la revista a nivel mundial y que se dio la primera experiencia de

publicar una serie sobre comentarios y críticas a artículos publicados ("Comments" y "Reply"). Al respecto, comentó que la filosofía de este tipo de trabajos beneficia a la revista por las citas que se

generan, aunque es importante cuidar el lenguaje y aspecto académico para no reflejar agresividad en los comentarios y respuesta de éstos.

El Dr. Verma también informó que se quiere otro Editor para la RMCG en el área de Geoquímica, la razón es simplemente el incremento en el número de trabajos que se están recibiendo. Por otro lado, comentó que dado que se han incrementado el número de trabajos para la RMCG, actualmente se está solicitando un Editor Técnico de tiempo completo con sede en el Centro de Geociencias de la UNAM en Juriquilla, Qro.

Finalmente, el Dr. Verma exhortó a que investigadores con reconocimiento mundial y de alto nivel escriban trabajos de geoquímica sobre reseñas (“Reviews”) de importancia científica actual para la revista ya que éstos ayudarán a mejorar el FI.

**7. PRESENTACIÓN DE PROPUESTA PARA LA PUBLICACIÓN EN LÍNEA (página web del INAGEQ: <http://www.inageq.org.mx/>) DE TODOS EJEMPLARES EDITADOS DE ACTAS INAGEQ.**

En relación a esta propuesta, se acordó poner en línea, en la página del INAGEQ (<http://www.inageq.org.mx/>), el mayor número de ediciones de ACTAS INAGEQ disponible en formato electrónico (de preferencia en formato PDF) para rescatar el acervo científico producido en las Memorias de los 17 Congresos Nacionales del INAGEQ. Con el objeto de alcanzar esta meta, se acordó solicitar a los organizadores de los congresos nacionales anteriores que busquen los archivos electrónicos correspondientes a las ACTAS INAGEQ y que las hagan llegar al Dr. Francisco Paz Moreno para su procesamiento optimizado en formato PDF. En el caso de las ediciones en las que no haya archivos electrónicos o digitales, se buscará re-editarlas a través de un procesamiento de escaneo digital optimizado. Finalmente y dado que existen ejemplares impresos de varias memorias de congresos del INAGEQ, se acordó hacer una donación de estos ejemplares a las bibliotecas de las universidades nacionales para que se conozcan las actividades de divulgación de la ciencia en el área de geoquímica que realiza el INAGEQ.

**8. ANÁLISIS DE PROPUESTAS DE SEDES PARA LOS CONGRESOS NACIONALES DEL INAGEQ 2008 (XVIII), 2009 (XIX) Y 2010 (XX).**

Tomando como base las propuestas presentadas en asambleas anteriores, se presentaron a la Asamblea General Ordinaria INAGEQ 2007, tres posibles sedes para la organización del XVIII Congreso Nacional de Geoquímica en el 2008. Las sedes propuestas fueron: (i) Universidad de Sonora (UNISON, Hermosillo, Sonora); (ii) Centro de Investigación Científica y de

Educación Superior de Ensenada (CICESE, Ensenada, B.C.); y (iii) Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. (CEA-CICY, Cancún, Quintana Roo). La decisión de la sede fue realizada por votación y se aprobó por unanimidad (14 votos a favor) que la UNISON sea la institución académica que organice el XVIII Congreso del INAGEQ en Hermosillo, Sonora en el mes de Octubre del 2008.

Por otro lado, se propuso que el CICESE sea considerado como sede probable para la organización del XIX Congreso Nacional en el 2009, aunque también se mencionó que se esperaba que investigadores de las siguientes instituciones: Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Universidad Autónoma de Guerrero (UAG, Campus Taxco), Instituto de Ciencias del Mar (UAS, Mazatlán, Sinaloa), Universidad Autónoma de Puebla (UAP), o los Institutos de Geología o Geofísica de la UNAM, pudieran proponer como sedes alternas sus instituciones durante la Asamblea General Ordinaria del Congreso 2008.

Finalmente, se ratificó la propuesta del Centro de Investigación en Energía (CIE-UNAM) para la organización del XX Congreso Nacional de Geoquímica en el 2010.

**9. NUEVOS NOMBRAMIENTOS EN EL INAGEQ Y SITUACIÓN DE LAS DELEGACIONES REGIONALES Y PRESENTACIÓN DE PUESTOS VACANTES.**

Considerando que la UNISON organizará las actividades académicas del XVIII Congreso Nacional de Geoquímica, se nombraron como Secretarios de Eventos al Dr. Francisco Paz Moreno y a la Dra. Amable Ortega Rivera. Asimismo, se nombraron los siguientes Delegados Institucionales y por Especialidad:

- IMP: Ing. Agustín Ruiz Violante (quien también se comprometió a promover el Congreso Nacional del INAGEQ en PEMEX, proponiéndoles la organización de una sesión de Geoquímica Petrolera).
- IIE: Dr. Mahendra P. Verma
- UANL: Dr. Fernando Velasco
- UASLP: Dr. Rodolfo Rodríguez Ríos
- UNISON: Dr. Jesús Vidal Solano
- Geoquímica Ambiental: Dra. María Aurora Armienta (Instituto de Geofísica, UNAM)
- Geoquímica Analítica: Dr. Edgar R. Santoyo Gutiérrez (CIE-UNAM)
- Geoquímica de Exploración: Ing. Francisco Moreira Rivera (SGM)
- Biogeoquímica: Dr. Kinardo Flores Castro (UAEH)

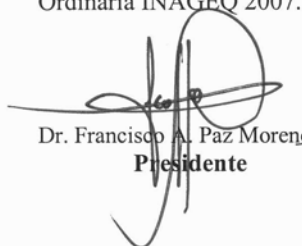
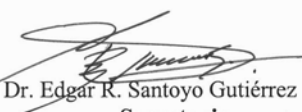



Finalmente, el Dr. Verma propuso que en los nombramientos de delegados sólo participen miembros activos con membresía vitalicia y que se actualice la lista de los miembros (orden alfabético) en los archivos del INAGEQ y en la página Web (para lo cual se propuso enviar el listado actualizado a la M.C. Mirna Guevara García, encargada de la página Web).

#### 10. ASUNTOS GENERALES.

- El Dr. Surendra Pal Verma reitero nuevamente a la asamblea que se elabore una propuesta sobre “*manual de procedimientos*” para los Congresos del INAGEQ, que contemple los puntos siguientes: (i) control riguroso de los tiempos de exposición (que se respeten) y que se adquieran materiales-accesorios para mejorar este control; (ii) ¿qué hacer con el tiempo que sobre por los faltantes?; (iii) la organización de paneles o sesiones de discusión; (iv) actividades de los delegados regionales y especialistas quienes podrían apoyar en la promoción del evento; (v) criterios de evaluación de los trabajos presentados por estudiantes; (vi) Pertinencia de que los moderadores de sesión aparezcan en las memorias del congreso, así como el programa académico; (vii) pertinencia de programar excursiones geológicas (al menos una) y que la guía de la excursión sea previamente arbitrada para validar la información a difundir y que aparezca publicada en las Actas INAGEQ.
- El Dr. Francisco Paz Moreno comentó que contactará a colegas de la Universidad de Nayarit para que participen en el XVIII Congreso Nacional de Geoquímica.
- Se acordó mantener vigente el apoyo por 5 años a estudiantes ganadores para la publicación de su trabajo en la RMCG.
- Se acordó continuar con el proceso de credencialización de los miembros vitalicios (formato definitivo y quizá hasta con una credencial plastificada) y se comentó que esto podría ser un incentivo para que miembros ordinarios se convirtieran en miembros vitalicios.
- Se analizó la posibilidad de usar, en las Actas INAGEQ, los registros ISBN o ISSN. Al respecto, el Dr. Francisco Paz investigará la posibilidad de seguir usando un registro ISSN, o si en su defecto la UNISON tramitaría el registro ISBN.
- En relación con los cursos Pre y Post Congreso, se propuso que el curso de Estadística se imparta como un curso Post-Congreso. Asimismo se solicitó que la Comisión de Premios analice los casos de estudiantes que resulten ganadores (3), para que si resulta pertinente se apoye su inscripción al citado curso.
- La Dra. Amabel Ortega solicitó a la Asamblea apoyo de \$1,800.00 para cubrir los gastos de su boleto de avión Hermosillo-México, gastos realizados para atender la organización del Congreso XVII; se aprobó apoyo.

A las 19:45 horas del día 4 de Octubre de 2007, se dio por concluida la Asamblea General Ordinaria INAGEQ 2007.

 Dr. Francisco A. Paz Moreno <b>Presidente</b>	 Dr. Edgar R. Santoyo Gutiérrez <b>Secretario</b>	 Dra. Ma Amabel Ortega Rivera <b>Tesorera</b>
---	---	--

**INSTITUTO NACIONAL DE GEOQUÍMICA, A.C.**  
**DIRECTORIO DE MIEMBROS VITALICIOS 2007**  
**Octubre 2007**

Título	Apellido	Nombre	Especialidad	Institución	E-mail
M.C.	Alexander Valdés	Héctor M.	Geoquímica Marina	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM	<a href="mailto:hector@mar.icmyl.unam.mx">hector@mar.icmyl.unam.mx</a>
M.C.	Arizábalo Salas	Rubén Darío	Geoquímica de Isótopos	Instituto Mexicano del Petróleo Cubículo 212	<a href="mailto:rarizaba@imp.mx">rarizaba@imp.mx</a>
Dr.	Barbarín Castillo	Juan Manuel	Hidrogeoquímica	Fac. de Cs. Químicas, Div. de Estudios Superiores, UANL	
Q.F.B.	Carrillo Hernández	Teresita de Jesús	Geoquímica Analítica	Inst. Mexicano del Petróleo	
Dr.	Daesslé Heuser	Luis Walter	Geoquímica Ambiental y Marina	Div. Geociencias Ambientales. Inst. de Inv. Oceanológicas. UABC	<a href="mailto:walter@uabc.mx">walter@uabc.mx</a>
M.C.	Espinoza Peña	Marcela	Geoquímica Analítica	Inst. Mexicano del Petróleo, Coordinación de Física Aplicada	
Ing.	Faz Pérez	Pedro	Vulcanología		
Dr.	Flores Castro	Kinardo	Geoquímica de Rocas Sedimentarias	Centro de Investigaciones en Cs. de la Tierra, UAEH	<a href="mailto:kinardo_flores@hotmail.com">kinardo_flores@hotmail.com</a>
Quím.	García Estrada	Porfirio	Geoquímica del Petróleo	Inst. Mexicano del Petróleo, Geoquímica Orgánica	
M. C.	García Gutiérrez Manrique	Luis	Petrología	Univ. Aut. de San Luis Potosí, Fac. de Ingeniería	
Dr.	González Partida	Eduardo	Geoquímica de Isótopos	Centro de Geociencias, UNAM	<a href="mailto:egp@geociencias.unam.mx">egp@geociencias.unam.mx</a>
M. C.	Guevara García	Mirna	Geoquímica Analítica	Centro de Investigación en Energía, UNAM	<a href="mailto:mygg@cie.unam.mx">mygg@cie.unam.mx</a>
Dra.	Hansen Hansen	Anne Margarete	Hidrogeoquímica	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	<a href="mailto:ahansen@tlaloc.imta.mx">ahansen@tlaloc.imta.mx</a>
Ing.	Hernández Jiménez	Ma. de los Angeles	Geoquímica del Petróleo	Inst. Mexicano del Petróleo, Subd. de Expl.	
Dra.	Izquierdo Montalvo	Georgina	Geoquímica Analítica	Instituto de Investigaciones Eléctricas, Unidad de Geotermia	<a href="mailto:gim@ie.org.mx">gim@ie.org.mx</a>
M. C.	Limón Rodríguez	Benjamín	Ingeniería Ambiental.	Universidad Autónoma de Nuevo León, Fac. de Ingeniería Civil	
Ing. Quím.	Mercado González	Sergio	Geotermoquímica	Instituto de Investigaciones Eléctricas	
Dr.	Nieva Gómez	David	Exploración Geoquímica	Instituto de Investigaciones Eléctricas	

Dra.	Ortega Rivera	Ma. Amabel	Geocronología	ERNO Instituto de Geología, UNAM	<a href="mailto:amabel@servidor.unam.mx">amabel@servidor.unam.mx</a>
Dr.	Paz Moreno	Francisco A.	Petrología Ígnea	Depto. de Geología, Univ. de Sonora	<a href="mailto:paz@correo.geologia.uson.mx">paz@correo.geologia.uson.mx</a>
Dra.	Rodríguez de Barbarín	Cecilia O.	Cristalografía	Univ. Aut. de Nuevo León, Fac. de Cs. Químicas, Div. de Posgrado	
Dr.	Rodríguez Ríos	Rodolfo	Petrología Ígnea	Inst. de Geología, UASLP	<a href="mailto:rrios@uaslp.mx">rrios@uaslp.mx</a>
Dr.	Romero Sánchez	Miguel	Mineralogía	Investigación Aplicada, S.A. de C.V.	
M.C.	Rosales Contreras	Eduardo	Geoquímica del Petróleo	Exploración y Producción, Instituto Mexicano del Petróleo	<a href="mailto:edrsls@yahoo.co.uk">edrsls@yahoo.co.uk</a>
Dr.	Rueda Gaxiola	Jaime	Geoquímica de Petróleo	Inst. Mexicano del Petróleo, Subdir. de Tec. de Expl.	
Dr.	Ruiz Violante	Agustín	Geoquímica de Petróleo	Inst. Mexicano del Petróleo	<a href="mailto:aruizv@imp.mx">aruizv@imp.mx</a>
Dr.	Santoyo Gutiérrez	Edgar R.	Geoquímica Analítica	Centro de investigación en Energía, UNAM	<a href="mailto:esg@cie.unam.mx">esg@cie.unam.mx</a>
Dr.	Talavera Mendoza	Oscar	Petrología	Depto. Petrología-Geoquímica. Univ. Aut. Del Estado de Guerrero	<a href="mailto:talavera@geo.arizona.edu">talavera@geo.arizona.edu</a>
Dr.	Terrell	David J.	Geocronología	Werner Pacific College (Professor of Physical Science)	<a href="mailto:Dterrel@warnerpacific.edu">Dterrel@warnerpacific.edu</a>
Dr.	Torres Alvarado	Ignacio S.	Geotermoquímica	Centro de investigación en Energía, UNAM	<a href="mailto:ita@cie.unam.mx">ita@cie.unam.mx</a>
M. I.	Torres Rodríguez	Vicente	Hidrogenoquímica		
Dr.	Vázquez Gutierrez	Felipe	Geoquímica Marina	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM	<a href="mailto:felipe@mar.icmyl.unam.mx">felipe@mar.icmyl.unam.mx</a>
Dr.	Velasco Tapia	Fernando	Hidrogenoquímica	Fac. de Ciencias de la Tierra, UANL	<a href="mailto:velasco@fct.uanl.mx">velasco@fct.uanl.mx</a>
Dr.	Verma	Mahendra P.	Geoquímica de Isótopos	Inst. de Investigaciones Eléctricas, Unidad de Geotermia	<a href="mailto:mahendra@iie.org.mx">mahendra@iie.org.mx</a>
Dr.	Verma Jaiswal	Surendra Pal	Geoquímica Estadística	Centro de Investigación en Energía, UNAM	<a href="mailto:spv@cie.unam.mx">spv@cie.unam.mx</a>

**INSTITUTO NACIONAL DE GEOQUÍMICA, A.C.**  
**DIRECTORIO DE MIEMBROS ORDINARIOS 2007**  
**Octubre 2007**

Título	Apellido	Nombre	Especialidad	Institución	E-mail
Dr.	Armstrong Altrim Sam	John S.	Geoquímica de Rocas Sedimentarias	Centro de Investigaciones en Cs. de la Tierra, UAEH	<a href="mailto:john_arms@yahoo.com">john_arms@yahoo.com</a>
Dr.	Cadena Zamudio	Jose Luis	Petrología	Area Académica de Materiales y Metalurgia, UAEH	<a href="mailto:cazam1956@hotmail.com">cazam1956@hotmail.com</a>
Dr.	Carranza Edwards	Arturo	Geología Marina y Ambiental	Instituto de Ciencias del Mar UNAM	<a href="mailto:dr.arturo.carranza@gmail.com">dr.arturo.carranza@gmail.com</a>
Dra.	Centeno García	Elena	Geoquímica	Instituto de Geología, UNAM	<a href="mailto:centeno@servidor.unam.mx">centeno@servidor.unam.mx</a>
Dr.	Choumiline	Evgueni	Geoquímica Marina	CICIMAR-IPN Depto. Oceanología	<a href="mailto:eshumili@ipn.mx">eshumili@ipn.mx</a>
Ing.	De la Calleja Moctezuma	Alfredo Ernesto	Geoquímica de Suelos	Servicio Geológico Mexicano	<a href="mailto:acalleja@coremi.sgm.gob.mx">acalleja@coremi.sgm.gob.mx</a>
Dra.	García Meza	Jessica Viridiana	Geomicrobiología y Minería	Univ. Aut. de San Luis Potosí, Fac. de Ingeniería	<a href="mailto:jvqm@uaslp.mx">jvqm@uaslp.mx</a>
Dr.	Jayagopal D.	Madhavaraju	Geoquímica del Petróleo	ERNO Instituto de Geología, UNAM	<a href="mailto:jmadhavaraju@yahoo.com">jmadhavaraju@yahoo.com</a>
Dr.	Kailasa	Pandarinath	Geoquímica de Sedimentos	Centro de Investigación en Energía, UNAM	<a href="mailto:pk@cie.unam.mx">pk@cie.unam.mx</a>
Dr.	Kretschmar	Thomas	Hidrogenoquímica	Depto. De Geología, CICESE	<a href="mailto:thomask@cicese.mx">thomask@cicese.mx</a>
Ing. Geol.	Luna Castro	Hector Fernando	Investigación Minera	Servicio Geológico Mexicano	<a href="mailto:hflunacoremi.sgm.gob.mx">hflunacoremi.sgm.gob.mx</a>
M.C.	Mendoza Córdoba	Abraham	Geoquímica	Depto. de Geología, Univ. De Sonora	<a href="mailto:mendozacordoba@hotmail.com">mendozacordoba@hotmail.com</a>
Dra.	Modeslka	Magdalena	Hidrogenoquímica	Depto. de Geología, Univ. De Sonora	<a href="mailto:mmod@correo.geologia.uson.mx">mmod@correo.geologia.uson.mx</a>
Ing. Geol.	Moreira Rivera	Francisco	Investigación Minera	Servicio Geológico Mexicano	<a href="mailto:fmoreira@coremi.sgm.gob.mx">fmoreira@coremi.sgm.gob.mx</a>
Dr.	Norzagaray	Mariano		CIIDIR Sinaloa	<a href="mailto:mnorzaga@ipn.mx">mnorzaga@ipn.mx</a>
Geol.	Orcí	Adriana	Geoquímica	ERNO Instituto de Geología, UNAM	<a href="mailto:aaor@geologia.unam.mx">aaor@geologia.unam.mx</a>
Dr.	Ramírez Guzmán	Alejandro H.	Geología Ambiental	Depto. Petrología-Geoquímica. Univ. Aut. Del Estado de Guerrero	<a href="mailto:halessandro@geofisica.unam.mx">halessandro@geofisica.unam.mx</a>
Dr.	Sánchez	Alberto	Geoquímica Marina	Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas	<a href="mailto:grodriguez@ipn.mx">grodriguez@ipn.mx</a>
Lic.en Quim.	Téllez Hernández	Jesús Israel	Geoquímica Ambiental	Servicio Geológico Mexicano	<a href="mailto:acalleja@coremi.sgm.gob.mx">acalleja@coremi.sgm.gob.mx</a>
Dr.	Valencia Moreno	Martín Andrés	Geoquímica de rocas Igneas	ERNO Instituto de Geología, UNAM	<a href="mailto:valencia@geologia.unam.mx">valencia@geologia.unam.mx</a>
Dra.	Veloz Rodríguez	María Aurora	Recubrimientos y Corrosión	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:maveloz70@yahoo.com.mx">maveloz70@yahoo.com.mx</a>
Dr.	Vidal Solano	Jesús Roberto	Petrología Ígnea	Depto. de Geología, Univ. de Sonora	<a href="mailto:jvidal@ciencias.uson.mx">jvidal@ciencias.uson.mx</a>
M.C.	Villaseñor	María Guadalupe	Yacimientos Minerales	Instituto de Geología, UNAM	

**INSTITUTO NACIONAL DE GEOQUÍMICA, A.C.**  
**DIRECTORIO DE MIEMBROS ESTUDIANTES 2007**  
**Octubre 2007**

Título	Apellido	Nombre	Especialidad	Institución	E-mail
Est.	Aguirre Altamira	Sergio	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:sergio.r9@hotmail.com">sergio.r9@hotmail.com</a>
Est.	Alarcón García	Luis Ángel	Geología	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:luisangelramirez8@hotmail.com">luisangelramirez8@hotmail.com</a>
Est.	Alvarez Gálvez	Eréndira Yazmín	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:erendy87@hotmail.com">erendy87@hotmail.com</a>
Est.	Andaverde Arredondo	Jorge Alberto	Exploracion Geoquimica	Centro de Investigación en Energía, UNAM	<a href="mailto:jaaa@cie.unam.mx">jaaa@cie.unam.mx</a>
Est.	Angeles Cruz	Catalina Amalia	Química	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, posgrado en Ciencias	
Est.	Angeles Chávez	Diana Elizabeth	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:cielo_dirmiente@hotmail.com">cielo_dirmiente@hotmail.com</a>
Est.	Ángeles Hernández	Héctor	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:hectormrk@hotmail.com">hectormrk@hotmail.com</a>
Est.	Angeles Mejía	Aleida Isabel	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:maia_angeles@hotmail.com">maia_angeles@hotmail.com</a>
Est.	Avila Alvarado	Nallely	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:nalle_8641@yahoo.com.mx">nalle_8641@yahoo.com.mx</a>
Est.	Ayala Ordaz	Verónica Fabiola	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:verfabis@hotmail.com">verfabis@hotmail.com</a>
Est.	Barrales Rojas	Agustín	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:camara_4@hotmail.com">camara_4@hotmail.com</a>
Est.	Barrera Guerrero	Santa	Vulcanología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:s_brujacosmica@hotmail.com">s_brujacosmica@hotmail.com</a>
Est.	Bolaños Sánchez	Ulises	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:mundosux@hotmail.com">mundosux@hotmail.com</a>
Est.	Borjes Santana	Oscar	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:osc_bos@hotmail.com">osc_bos@hotmail.com</a>
Est.	Botello Martínez	Jenifer	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:jeni_15_98@hotmail.com">jeni_15_98@hotmail.com</a>
Est.	Calva Hernández	David	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:david_ch85@yahoo.com">david_ch85@yahoo.com</a>
Est.	Canales Meza	Andrea	Geología	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:andrea.came@hotmail.com">andrea.came@hotmail.com</a>
Est.	Cano Labra	Juan Antonio	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	
Est.	Carreto Hernández	Alejandro	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:devil_0686@hotmail.com">devil_0686@hotmail.com</a>
Est.	Carvajal Rodríguez	Marco Antonio	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:el_jokre@hotmail.com">el_jokre@hotmail.com</a>
Est.	Castelán Luqueño	Yoshio	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:emperor6668@hotmail.com">emperor6668@hotmail.com</a>
Est.	Cázares Hernández	Facundo	Vulcanología	Depto. de Geología, Univ. De Sonora	<a href="mailto:fczares@geologia.uson.mx">fczares@geologia.uson.mx</a>

Est.	Cerón Alvarado	Juana	Geología	Facultad de Ingeniería UNAM	<a href="mailto:janiswe@yahoo.com.mx">janiswe@yahoo.com.mx</a>
Est.	Cornejo Jiménez	Candy	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:iguana_ago_go@hotmail.com">iguana_ago_go@hotmail.com</a>
Est.	Corona Cortez	Miguel	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:mcc_goldberg@hotmail.com">mcc_goldberg@hotmail.com</a>
Est.	Cruz Cruz	Maricela	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:mariza_79@hotmail.com">mariza_79@hotmail.com</a>
Est.	Cruz Flores	Berenice	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:berenice_87@hotmail.com">berenice_87@hotmail.com</a>
Est.	Cruz Martínez	Adriana	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:atry_15@yahoo.com.mx">atry_15@yahoo.com.mx</a>
Est.	Cruz Ortiz	Norma Liliana	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:lunanueva41@hotmail.com">lunanueva41@hotmail.com</a>
Est.	Cueto Villagrán	Luis Manuel	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:evil2040_1@hotmail.com">evil2040_1@hotmail.com</a>
Est.	Cholula Baeza	Tania Alejandra	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:tazz_tachlo@hotmail.com">tazz_tachlo@hotmail.com</a>
Est.	Dávila Santos	Marissa	Geoquímica Ambiental	Ciencias Químico Biológicas, UASLP	<a href="mailto:anavrin_05@yahoo.mx">anavrin_05@yahoo.mx</a>
Est.	Del Angel Espinosa	Idalid	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:d_idalid@hotmail.com">d_idalid@hotmail.com</a>
Est.	Domínguez Trejo	Isabel	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:isabelgreene@hotmail.com">isabelgreene@hotmail.com</a>
Est.	Espinosa Serrano	Erik	Geoquímica Ambiental	Inst. de Geofísica, UNAM	<a href="mailto:quimerik@mexico.com">quimerik@mexico.com</a>
Est.	Ferrer Parra	Vania	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:vania_f5@hotmail.com">vania_f5@hotmail.com</a>
Est.	Floreo Gaxiola	Cristian	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:mut_provo@hotmail.com">mut_provo@hotmail.com</a>
Est.	Galván Chávez	Leticia	Geología	Universidad Autónoma de Coahuila	<a href="mailto:leticia_galvan@mail.uadec.mx">leticia_galvan@mail.uadec.mx</a>
Est.	Gallardo Zapeda	Gabriela	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:gabriela_gallardo@hotmail.com">gabriela_gallardo@hotmail.com</a>
Est.	García Aguilar	Sandra	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:sandy_dulce_nena@hotmail.com">sandy_dulce_nena@hotmail.com</a>
Est.	González Rivera	Daniel	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:leinad_gr01@hotmail.com">leinad_gr01@hotmail.com</a>
Est.	González Moreno	Yulemi Loremar	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:yul_wislabone28@hotmail.com">yul_wislabone28@hotmail.com</a>
Est.	Granados Acoltzin	Julio	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:julio_ga003@yahoo.com.mx">julio_ga003@yahoo.com.mx</a>
Est.	Granados Ramírez	Pamela	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:pamela_granados@yahoo.com.mx">pamela_granados@yahoo.com.mx</a>
Est.	Guamán Granados	René	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:wyver_juez@hotmail.com">wyver_juez@hotmail.com</a>
Est.	Gutierrez Carmona	Dulce María E.	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:morbury@hotmail.com">morbury@hotmail.com</a>
Est.	Hernández Barroso	Nora Alejandra	Geoquímica	Facultad de Ingeniería UNAM	<a href="mailto:oswiynora@yahoo.com.mx">oswiynora@yahoo.com.mx</a>
Est.	Hernández Contreras	Raúl	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:rh_contreroslyon@hotmail.com">rh_contreroslyon@hotmail.com</a>
Est.	Hernández Flores	Ma. De la Luz	Vulcanología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:logiclux64@hotmail.com">logiclux64@hotmail.com</a>

Est.	Hernández Hernández	Ayde	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:ayde_ru@hotmail.com">ayde_ru@hotmail.com</a>
Est.	Hernández Rábago	Pedro Ygnacio	Hidrogeología	Servicio Geológico Mexicano	<a href="mailto:pedroyhr@coremisqm.gob.mx">pedroyhr@coremisqm.gob.mx</a>
Est.	Hernández Zavala	Guillermo	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:amazingmemito@gmail.com">amazingmemito@gmail.com</a>
Est.	Herrera Juárez	Viridiana	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	
Est.	Jarillo González	María José	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:mary_jo2002@yahoo.com.mx">mary_jo2002@yahoo.com.mx</a>
Est.	Juárez Amaya	Valdemar	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:ikki_vald@hotmail.com">ikki_vald@hotmail.com</a>
Est.	Juárez Vargas	Victor Hugo	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:hugo89_leo@hotmail.com">hugo89_leo@hotmail.com</a>
Est.	Leal Acosta	María Luisa	Geología	CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa	<a href="mailto:maluleal40@yahoo.com.mx">maluleal40@yahoo.com.mx</a>
Est.	Lizárraga Mendiola	Liliana	Geoquímica	UNAM	<a href="mailto:liliga@gmx.net">liliga@gmx.net</a>
Est.	López Acosta	Yaneri	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:yaneri33@hotmail.com">yaneri33@hotmail.com</a>
Est.	López Burgos	Alma Delicia	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:labada@hotmail.com">labada@hotmail.com</a>
Est.	López Hernández	Carlos Daniel	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:cada_lohe@yahoo.com.mx">cada_lohe@yahoo.com.mx</a>
Est.	López Mendoza	Germán	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:mendoza01@hotmail.com">mendoza01@hotmail.com</a>
Est.	López Velasco	Andrea	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:alide_1213@hotmail.com">alide_1213@hotmail.com</a>
Est.	Lozano Uc	Andoney	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:papurrrin_nev@hotmail.com">papurrrin_nev@hotmail.com</a>
Est.	Magos Cortez	Ester Maricela	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:meteorita_063@yahoo.com.mx">meteorita_063@yahoo.com.mx</a>
Est.	Marmolgo Santillán	Yolanda	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:lola56@yahoo.com.mx">lola56@yahoo.com.mx</a>
Est.	Martínez Jiménez	Nancy Ibeth	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:zurdokeras@yahoo.com.mx">zurdokeras@yahoo.com.mx</a>
Est.	Mastache Román	Edgar Agustín	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:nutrilche160187@hotmail.com">nutrilche160187@hotmail.com</a>
Est.	Meléndez Paniagua	Arturo	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:pancho_ancho2006@hotmail.com">pancho_ancho2006@hotmail.com</a>
Est.	Melo Rosales	María Marbella	Geología	Facultad de Ingeniería UNAM	<a href="mailto:marbmelo@hotmail.com">marbmelo@hotmail.com</a>
Est.	Mendoza Espinosa	Milton	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:lanalakab@yahoo.com.mx">lanalakab@yahoo.com.mx</a>
Est.	Mendoza González	Claudia Cristina	Vulcanismo	Facultad de Ingeniería UNAM	<a href="mailto:claus@servidor.unam.mx">claus@servidor.unam.mx</a>
Est.	Mengelle López	Jorge Jaime	Geología	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	<a href="mailto:joja_melo@yahoo.com.mx">joja_melo@yahoo.com.mx</a>
Est.	Mertínez Flores	Isaías	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:isaias_1012ca@hotmail.com">isaias_1012ca@hotmail.com</a>
Est.	Miranda Vera	Luz Adriana	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:azul_adnarim@yahoo.com.mx">azul_adnarim@yahoo.com.mx</a>
Est.	Montesinos Santos	Alan	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:mosa_10@hotmail.com">mosa_10@hotmail.com</a>

Est.	Morales Delgado	David	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:coperfly31@hotmail.com">coperfly31@hotmail.com</a>
Est.	Morelos Pineda	Noé	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:nomorpi@hotmail.com">nomorpi@hotmail.com</a>
Est.	Olvera Pérez	Erick	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:oevikaro@hotmail.com">oevikaro@hotmail.com</a>
Est.	Orea Cabrera	Celso	Geología	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:troops_car@hotmail.com">troops_car@hotmail.com</a>
Est.	Oreano Hernández	Dulce Sonia	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:soh38@hotmail.com">soh38@hotmail.com</a>
Est.	Otañez Allende	Montserrat	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:moalv_17@hotmail.com">moalv_17@hotmail.com</a>
Est.	Padilla Islas	Ruth	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:h_rutpleyades@yahoo.com.mx">h_rutpleyades@yahoo.com.mx</a>
Est.	Patiño Hernández	Xochitl	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:huezito22@hotmail.com">huezito22@hotmail.com</a>
Est.	Pecina Marínez	Sandra	Geoquímica Ambiental	Ciencias Químico Biológicas, UASLP	<a href="mailto:sandrita_300@hotmail.com">sandrita_300@hotmail.com</a>
Est.	Pelayo Bocanegra	Juan Manuel	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:charroponciano@hotmail.com">charroponciano@hotmail.com</a>
Est.	Peña Hernández	Alejandro	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:chingon_papi88@hotmail.com">chingon_papi88@hotmail.com</a>
Est.	Percástegui Zamora	Fabrizio	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:alternativo_puma7@hotmail.com">alternativo_puma7@hotmail.com</a>
Est.	Pérez Aguilar	Lidio	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:transplantrochec@yahoo.com.mx">transplantrochec@yahoo.com.mx</a>
Est.	Pérez Alvarado	Barbara Yaneth	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:bbk_mogan@hotmail.com">bbk_mogan@hotmail.com</a>
Est.	Pérez Angeles	Claudia Deyanira	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:clausent_23@yahoo.com.mx">clausent_23@yahoo.com.mx</a>
Est.	Pérez Corona	Fred Yoan	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:derf00_8@yahoo.com.mx">derf00_8@yahoo.com.mx</a>
Est.	Pérez Jiménez	Arturo	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:diesel_k_00_88@hotmail.com">diesel_k_00_88@hotmail.com</a>
Est.	Pérez Moreno	Fidel	Hidro-geoquímica	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:fmoreno@uaeh.reduaeh.mx">fmoreno@uaeh.reduaeh.mx</a>
Est.	Pérez Rodríguez	Rebeca Yazmín	Geoquímica Ambiental	Ciencias Químico Biológicas, UASLP	<a href="mailto:becky_pr730@yahoo.mx">becky_pr730@yahoo.mx</a>
Est.	Quiroz Elizalde	Altair	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:altair_dil@hotmail.com">altair_dil@hotmail.com</a>
Est.	Quiroz Jiménez	Jesús David	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:quiroz_271085@hotmail.com">quiroz_271085@hotmail.com</a>
Est.	Ramírez Florez	Thalia	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:pinqui_nita_61@hotmail.com">pinqui_nita_61@hotmail.com</a>
Est.	Ramírez Méndoza	Dafne Shenine	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:dafne_mightydoll@hotmail.com">dafne_mightydoll@hotmail.com</a>
Est.	Ramírez Ramírez	Angélica	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:angie_ram16@yahoo.com.mx">angie_ram16@yahoo.com.mx</a>
Est.	Ramírez Santander	Eimy Nonnie	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:rse_n_15@hotmail.com">rse_n_15@hotmail.com</a>
Est.	Rangel Carranza	Ismael	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:ismael_rangel_carranza@hotmail.com">ismael_rangel_carranza@hotmail.com</a>
Est.	Reyes Martínez	Anahí	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:ejasnem_hi@hotmail.com">ejasnem_hi@hotmail.com</a>



Est.	Reynoso Sánchez	Andesina	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:andesina@hotmail.com">andesina@hotmail.com</a>
Est.	Rivera Rivera	Denise Margta.	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:denrivera@hotmail.com">denrivera@hotmail.com</a>
Est.	Rodríguez Ruiz	Liliana	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	
Est.	Rosales Iztetzi	Silvia	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:lucy.886@hotmail.com">lucy.886@hotmail.com</a>
Est.	Sagahón López	Edgar Jesús	Geología	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:sagacapri_013@hotmail.com">sagacapri_013@hotmail.com</a>
Est.	Salgado Cruz	Alesandra	Geología	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:asalgado_4@hotmail.com">asalgado_4@hotmail.com</a>
Est.	Sánchez Martínez	Alejandra Ixchel	Geofísica	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:exacto555@hotmail.com">exacto555@hotmail.com</a>
Est.	Sanchez Verduzco	Mónica	Geoquímica Ambiental	Laboratorio Verduzco	<a href="mailto:moniksv9@hotmail.com">moniksv9@hotmail.com</a>
Est.	Tapia Fernández	Héctor Jesús	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:budaclos@yahoo.com.mx">budaclos@yahoo.com.mx</a>
Est.	Tapia Tellez	Alfredo	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:emeric_alfred_182@hotmail.com">emeric_alfred_182@hotmail.com</a>
Est.	Tovar Escorza	Monserrat de María	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:m_patolin@hotmail.com">m_patolin@hotmail.com</a>
Est.	Urrutia Bañuelos	Jesé	Geoquímica	Depto. de Geología, Univ. De Sonora	<a href="mailto:urrutiagc@ciencias.uson.mx">urrutiagc@ciencias.uson.mx</a>
Est.	Valdez Resendiz	Hehecatl Vladimir	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:viento_vlas@hotmail.com">viento_vlas@hotmail.com</a>
Est.	Vázquez Sánchez	Raúl	Geología	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:raul_vazquez_sanchez@hotmail.com">raul_vazquez_sanchez@hotmail.com</a>
Est.	Yañez Cobos	D. Guadalupe	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:dilo3000@hotmail.com">dilo3000@hotmail.com</a>
Est.	Zamorano Tellez	José Antonio	Geología	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<a href="mailto:jema_2311@yahoo.com.mx">jema_2311@yahoo.com.mx</a>
Est.	Zavala Monsivasis	Aurora	Geología	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	<a href="mailto:azavalamonsivais@oal">azavalamonsivais@oal</a>
Est.	Zavaleta Martínez	María Eugenia	Geología	Universidad Autónoma de Puebla	<a href="mailto:aris_lios05@hotmail.com">aris_lios05@hotmail.com</a>

## **INSTITUCIONES PARTICIPANTES**

### **NACIONALES:**

#### **UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA**

Instituto de Ingeniería

Instituto de Investigaciones Oceanológicas

#### **UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR**

Departamento de Geología Marina

#### **UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**

Centro de Investigación Biológica

Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra y Materiales

Centro de Investigaciones Químicas

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

#### **UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUERRERO**

Unidad Académica de Ciencias de la Tierra

#### **UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

Facultad de Ciencias de la Tierra

#### **UNIVERSIDAD DE SONORA**

Departamento de Geología

Departamento de Investigación en Física

Departamento de Matemáticas

#### **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

Centro de Geociencias Campus Juriquilla

Centro de Investigación en Energía

Ciencias del Mar y Limnología

Estación Regional del Noroeste

Facultad de Química

Instituto de Geofísica

Instituto de Geografía

Instituto de Geología

#### **CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL ESTADO DE SONORA**

Carrera Geociencias

#### **CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y EDUCACION SUPERIOR EN ENSENADA**

Departamento de Geología

#### **INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Sinaloa

Centro Interdisciplinario de Investigación y Estudios sobre el Medio Ambiente y

Desarrollo, Sinaloa

**INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO**

**EXPLORACIONES MINERAS PEÑALES S.A. DE C.V.**

**GEOEX, S.A. DE C.V.**

**MINERA Y METALURGICA DEL BOLEO S.A. DE C.V., BCS.**

**SERVICIOS ADMINISTRATIVOS FRESNILLO**

**EXTRANJERAS:**

**UNIVERSITY OF ARIZONA, USA**

Department of Geosciences

**DALHOUSIE UNIVERSITY, CANADA**

Department of Earth Sciences

**FLORIDA INTERNATIONAL UNIVERSITY**

Earth Sciences Department

**UNIVERSITY OF MELBOURNE, AUSTRALIA**

School of Earth Sciences

**UNIVERSITÄT MÜNSTER, ALEMANIA**

Institut für Mineralogie

**UNIVERSITE PAUL CEZANNE, AIX-MARSEILLE III, FRANCIA**

Laboratoire de Pétrologie Magmatique

**SAINT MARY'S UNIVERSITY, CANADA**

Geology Department

**JUNIATA COLLEGE, HUNTINGDON, PA, USA**

Department of Geology

**INSTITUTO DE OCEANOLOGIA DE P.P. SHIRSHOV DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE RUSIA, MOSCU, RUSIA**

**MARINE BIOLOGICAL ASSOCIATION OF THE UNITED KINGDOM, U.K.**

## **INSTITUCIONES PARTICIPANTES**

### **NACIONALES:**

#### **UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA**

Instituto de Ingeniería

Instituto de Investigaciones Oceanológicas

#### **UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR**

Departamento de Geología Marina

#### **UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**

Centro de Investigación Biológica

Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra y Materiales

Centro de Investigaciones Químicas

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

#### **UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUERRERO**

Unidad Académica de Ciencias de la Tierra

#### **UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

Facultad de Ciencias de la Tierra

#### **UNIVERSIDAD DE SONORA**

Departamento de Geología

Departamento de Investigación en Física

Departamento de Matemáticas

#### **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

Centro de Geociencias Campus Juriquilla

Centro de Investigación en Energía

Ciencias del Mar y Limnología

Estación Regional del Noroeste

Facultad de Química

Instituto de Geofísica

Instituto de Geografía

Instituto de Geología

#### **CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL ESTADO DE SONORA**

Carrera Geociencias

#### **CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y EDUCACION SUPERIOR EN ENSENADA**

Departamento de Geología

#### **INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Sinaloa

Centro Interdisciplinario de Investigación y Estudios sobre el Medio Ambiente y

Desarrollo, Sinaloa

**INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO**

**EXPLORACIONES MINERAS PEÑALES S.A. DE C.V.**

**GEOEX, S.A. DE C.V.**

**MINERA Y METALURGICA DEL BOLEO S.A. DE C.V., BCS.**

**SERVICIOS ADMINISTRATIVOS FRESNILLO**

**EXTRANJERAS:**

**UNIVERSITY OF ARIZONA, USA**

Department of Geosciences

**DALHOUSIE UNIVERSITY, CANADA**

Department of Earth Sciences

**FLORIDA INTERNATIONAL UNIVERSITY**

Earth Sciences Department

**UNIVERSITY OF MELBOURNE, AUSTRALIA**

School of Earth Sciences

**UNIVERSITÄT MÜNSTER, ALEMANIA**

Institut für Mineralogie

**UNIVERSITE PAUL CEZANNE, AIX-MARSEILLE III, FRANCIA**

Laboratoire de Pétrologie Magmatique

**SAINT MARY'S UNIVERSITY, CANADA**

Geology Department

**JUNIATA COLLEGE, HUNTINGDON, PA, USA**

Department of Geology

**INSTITUTO DE OCEANOLOGIA DE P.P. SHIRSHOV DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE RUSIA, MOSCU, RUSIA**

**MARINE BIOLOGICAL ASSOCIATION OF THE UNITED KINGDOM, U.K.**

## ÍNDICE POR AUTOR

APPELLIDO	NOMBRE	INSTITUCIÓN	PAGINA
Albinson	T.	Mínera y Metalúrgica del Boleo S.A. de C.V., Baja Mining Corp.	38
Aliaga Campuzano	P.	Instituto de Geología, UNAM	5
Ángeles Cruz	Catalina A.	Ciencias del Mar y Limnología, UNAM	45
Ángeles Cruz	Catalina A.	Ciencias del Mar y Limnología, UNAM	48
Ángeles Cruz	Catalina A.	Ciencias del Mar y Limnología, UNAM	58
Armstrong Altrim Sam	John S.	Centro de Investigaciones en Cs. de la Tierra y Materiales, UAEH	58
Barra	Fernando	Department of Geosciences, University of Arizona	36
Barra	F.	Department of Geosciences, University of Arizona	38
Barrera Guerrero	Santa	Centro de Investigaciones en Cs. de la Tierra, UAEH	39
Bennet	Julián	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	33
Bernal	Juan Pablo	Instituto de Geología, UNAM	5
Blanco Piñón	A.	Centro de Investigaciones Químicas, UAEH	56
Borbón González	Dora J.	Depto. de Matemáticas, Universidad de Sonora	45
Brusseau	Mark	Instituto de Ing., Universidad Autónoma de Baja California	33
Calmus	Thierry	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	16
Calmus	Thierry	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	17
Canet	Miquel	Instituto de Geofísica, UNAM	48
Carreón Diazconti	C.	Universidad Autónoma de Baja California	13
Carreón Diazconti	Concepción	Instituto de Ing., Universidad Autónoma de Baja California	30
Carreón Diazconti	Concepción	Instituto de Ing., Universidad Autónoma de Baja California	33
Carrillo Chávez	Alejandro	Centro de Geociencias, UNAM	10
Carrillo Chávez	Alejandro	Centro de Geociencias, UNAM	15
Choumiline	Evgueni	CICIMAR-IPN Depto. Oceanología	52
Choumiline	Evgueni	CICIMAR-IPN Depto. Oceanología	53
Daesslé Heuser	Luis Walter	Div. Geociencias Ambientales, Inst. de Inv. Oceanológicas. UABC	53
Dando	Paul R.	Marine Biological Association of the United Kingdom	48
Del Río Salas	Rafaél	Department of Geosciences, University of Arizona	36
Del Río Salas	R.	Department of Geosciences, University of Arizona	38
Demant	Alain	Pétrologie Magmatique, Université Paul Cézanne (Aix-Marseille 3)	42
Demant	Alain	Pétrologie Magmatique, Université Paul Cézanne (Aix-Marseille 3)	44
Díaz González	L.	Centro de investigación en Energía, UNAM	11
Dostal	J.	Dept. of Earth Sciences, Dalhousy University	43
Durán Domínguez	M.C.	Facultad de Química, UNAM	12
Durán Domínguez	M.C.	Facultad de Química, UNAM	14
Eastoe	Christopher	Department of Geosciences, The University of Arizona	36
Esquivel Macías	Carlos	Centro de Investigaciones Biológicas, UAEH	45
Flores Castro	Kinardo	Centro de Investigaciones en Cs. de la Tierra y Materiales, UAEH	45
Flores Castro	Kinardo	Centro de Investigaciones en Cs. de la Tierra y Materiales, UAEH	48
Flores Castro	Kinardo	Centro de Investigaciones en Cs. de la Tierra y Materiales, UAEH	58
García González	E. G.	Fac. de Ciencias de la Tierra, UANL	54
Gibson	Richard	Instituto de Geografía, UNAM	45
Gibson	Richard	Instituto de Geografía, UNAM	48
Gibson	Richard	Instituto de Geografía, UNAM	58
Gleadow	Andrew	School of Earth Sciences, University of Melbourne	17
Gómez Puentes	F.	Universidad Autónoma de Baja California	13
Gómez Puentes	Francisco Javier	Instituto de Ing., Universidad Autónoma de Baja California	30
Gómez Valencia	Alejandra M.	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	18
González León	C. M.	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	59
González Sandoval	M. R.	Facultad de Química, UNAM	12
González Sandoval	M. R.	Facultad de Química, UNAM	14
Gordeev	Vyacheslav	Instituto de Oc. de P. P. Shirshov de la Academia de Ciencias de Rusia	52
Guardado Pérez	Juan A.	Centro de Geociencias, UNAM	10
Gutiérrez Anguamea	Grisel Alejandra	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	44

Hernández	P. Y.	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	33
Hernández Avila	J.	Centro de Investigaciones en Cs. de la Tierra, UAEH	55
Hernández Avelino	Isabel	Maestría en Geociencias y Admon. de Recursos Naturales, IPN	39
Hernández Mendiola	E.	Instituto de Geología, UNAM	5
Hernández Morales	Miguel A.	Universidad Autónoma de Baja California Sur	28
Herrera	Saúl	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	22
Herrera	Saúl	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	44
Islas Romero	Myrna	Centro de Investigaciones en Cs. de la Tierra y Materiales, UAEH	45
Jacques Ayala	Cesar	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	39
Kohn	Barry	School of Earth Sciences, University of Melbourne	17
Lamadrid	Imaz	Universidad Autónoma de Baja California Sur	28
Leal Acosta	María Luisa	CICIMAR-IPN Depto. Oceanología	53
Lizárraga Mendiola	L.	Facultad de Química, UNAM	12
Lizárraga Mendiola	L.	Facultad de Química, UNAM	14
López Martínez	Margarita	CICESE	18
López Martínez	Margarita	CICESE	39
López Romero	Juan Eduardo	Geólogo Consultor	24
Löser	Hannes	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	59
Lounejeva	Elena	Instituto de Geología, UNAM	5
Lozano Santa Cruz	Rufino	Instituto de Geología, UNAM	6
Lozano Santa Cruz	Rufino	Instituto de Geología, UNAM	6
Lozano Santa Cruz	Rufino	Instituto de Geología, UNAM	58
Lugo Ibarra	K. C.	Div. Geociencias Ambientales. Inst. de Inv. Oceanológicas. UABC	53
Lugo Zazueta	Raúl E.	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	17
Luna Celis	L.	Instituto de Geología, UNAM	13
Madhavaraju	Jayagopal D.	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	59
Martínez García	Cynthi Nayeli	Universidad Autónoma de Baja California Sur	28
Mathur	R.	Department of Geology, Juniata College	38
Maurrasse	F. J-M.R.	Earth Sciences Department, Florida International University	55
Melo Rosales	M.	Div. Geociencias Ambientales. Inst. de Inv. Oceanológicas. UABC	53
Mendivil Quijada	Héctor	Exploraciones Mineras Peñoles, S.A. de C.V.	37
Mendoza Córdoba	Abraham	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	5
Mendoza Córdoba	Abraham	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	6
Meza Figueroa	Diana María	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	42
Mezger	Klaus	Instute für Mineralogie, Universitat Münster, Alemania	23
Mirezky	Patricia	Centro de Geociencias, UNAM	15
Morales Arredondo	I.	Instituto de Geología, UNAM	13
Muñoz Sevilla	P.	CIEMAD, IPN, Sinaloa	34
Norzagaray	M.	CIIDIR, IPN, Sinaloa	34
Novelo López	Luís	Servicios Administrativos Fresnillo	36
Ochoa Landín	Lucas	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	36
Ochoa Landín	Lucas	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	36
Ochoa Landín	L.	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	38
Orcí Romero	Adriana	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	39
Orozco Garza	A.J.	Dept. of Earth Sciences, Dalhousy University	43
Ortega Rivera	Ma. Amabel	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	6
Ortega Rivera	Ma. Amabel	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	16
Ortega Rivera	Ma. Amabel	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	22
Ortiz Hernández	Luís Enrique	Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, IPN	39
Pandarinath	K. C.	Centro de Investigación en Energía, UNAM	58
Paz Moreno	Francisco A.	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	42
Paz Moreno	Francisco A.	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	43
Paz Moreno	Francisco A.	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	44
Peñaflor	Pablo	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	6
Peñaflor	Pablo	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	16
Pérez Ángeles	Claudia	Ciencias del Mar y Limnología, UNAM	58

Pérez Arvizu	Ofelia	Centro de Geociencias, UNAM	10
Pérez Moreno	Fidel	Centro de Investigaciones en Cs. de la Tierra, UAEH	48
Pérez Segura	Efrén	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	35
Pi	Teresa	Instituto de Geología, UNAM	22
Posada Amarillas	Álvaro	Depto. de Investigación en Física, Universidad de Sonora	45
Prol Ledesma	Rosa María	Instituto de Geofísica, UNAM	48
Quintanar Ruiz	Francisco	Servicios Administrativos Fresnillo	36
Ramírez Fernández	J. A.	Fac. de Ciencias de la Tierra, UANL	54
Ramírez Murillo	Marco Antonio	Geoex, S.A.de C.V.	24
Rangel Medina	Miguel	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	33
Reyes López	J.	Universidad Autónoma de Baja California	13
Reyes López	Jaime	Instituto de Ing., Universidad Autónoma de Baja California	30
Reynolds	P. H.	Dept. of Earth Sciences, Dalhousie University	43
Rodríguez Figueroa	Griselda	CICIMAR-IPN Depto. Oceanología	52
Rojas León	A. J.	Centro de Investigaciones Químicas, UAEH	55
Roldán Quintana	Jaime	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	16
Roldán Quintana	Jaime	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	39
Romero	F. M.	Instituto de Geología, UNAM	13
Roy	Priyadarsi D.	Instituto de Geología, UNAM	58
Ruiz	Joaquín	Department of Geosciences, The University of Arizona	36
Ruiz	Joaquín	Department of Geosciences, The University of Arizona	36
Ruiz	J.	Department of Geosciences, The University of Arizona	38
Ruiz	Joaquín	Department of Geosciences, The University of Arizona	22
Ruiz Violante	Agustín	Inst. Mexicano del Petróleo	38
Salgado Souto	Sergio A.	CESUES, UAH	22
Sánchez Tovar	S.A.	Facultad de Química, UNAM	14
Santamaría	Johanna	Instituto de Ing., Universidad Autónoma de Baja California	33
Santoyo Gutiérrez	Edgar	Centro de investigación en Energía, UNAM	11
Saucedo Morales	Julio	DIFUS, Universidad de Sonora	15
Scherer	Eric E.	Instute für Mineralogie, Universitat Münster, Alemania	23
Silverberg	Norman	CICIMAR-IPN Depto. Oceanología	53
Solé Viñas	Jesús	Instituto de Geología, UNAM	21
Solé Viñas	Jesús	Instituto de Geología, UNAM	22
Talavera Mendoza	Oscar	Depto. Petrología-Geoquímica. Univ. Aut. del Estado de Guerrero	22
Torres Muñoz	Ma. Carolina	Centro de Geociencias, UNAM	10
Torres Muñoz	Ma. Carolina	Centro de Geociencias, UNAM	15
Torres Valencia	Martín	Centro de Investigaciones Químicas, UAEH	45
Urrutia Bañuelos	Jesé	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	42
Valdez Carrillo	M.	Universidad Autónoma de Baja California	13
Valdez Carrillo	Melissa	Instituto de Ing., Universidad Autónoma de Baja California	30
Valencia	Víctor	Department of Geosciences, University of Arizona	22
Valencia	Víctor	Department of Geosciences, University of Arizona	36
Valencia Moreno	Martín	ERNO, Instituto de Geología, UNAM	36
Vega Granillo	Ricardo	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	22
Vega Granillo	Eva Lourdes	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	24
Verma Jaiswal	Surendra Pal	Centro de Investigación en Energía, UNAM	1
Vidal Solano	Jesús Roberto	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	6
Vidal Solano	Jesús Roberto	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	6
Vidal Solano	Jesús Roberto	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	18
Villaseñor Cabral	María Guadalupe	Instituto de Geología, UNAM	13
Villaseñor Cabral	María Guadalupe	Instituto de Geología, UNAM	22
Weber	Bodo	CICESE	23
Wurl	Jobst	Universidad Autónoma de Baja California Sur	28
Zúñiga Hernández	Luis Gustavo	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	36
Zúñiga Hernández	L. G.	Departamento de Geología, Universidad de Sonora	38



Volumen dedicado al XVIII CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA  
de Francisco A. Paz Moreno, Ma. Amabel Ortega Rivera y Facundo Cázares Hernández

se terminó de imprimir en el mes  
de julio de 2008 en los Talleres Gráficos  
de la Universidad de Sonora y consta de 120 ejemplares.



*ACTAS INAGEQ*

VOLUMEN DEDICADO AL  
*XVIII CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA*  
VOLUMEN 18-No. 1, 2008

UNIVERSIDAD DE SONORA DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA  
INSTITUTO DE GEOLOGÍA ERNO-UNAM  
CONSTA DE 120 EJEMPLARES  
JULIO 2008

DANZA DEL VENADO  
Y ATARDECERES SONORENSES  
PORTADA Y CONTRAPORTADA  
DISEÑO Y FOTOGRAFÍAS  
DRA. MA. AMABEL ORTEGA RIVERA

ISBN 970689407-1



9 789706 189407 6