

Sesión Regular

# **GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA AMBIENTAL**

Organizadores:

René Chávez Segura  
Luis Miguel Mitre Salazar  
Salvador I. Belmonte Jiménez  
Carlos Francisco Flores Luna

GGA-1

### DEGRADACIÓN DEL SUELO CAUSADO POR CÁRCAVAS EN LA CUENCA DEL RÍO SONORA

Sámamo Tirado Alma Patricia y Montijo González Alejandra  
*Universidad de Sonora*  
 samamo@geologia.uson.mx

Las cárcavas son canales profundos y de paredes empinadas que se presentan en áreas con suelos de grandes espesores y frágiles. Una cárcava se caracteriza por un desprendimiento en la cabeza de la misma que avanza en dirección de la corriente. La humidificación y desecamiento de los suelos en el área con clima tan extremo, produce en los lados de las cárcavas cambios que afectan la estabilidad de los canales cerca de la cabeza, que agudizan y aceleran su formación, modificando el entorno, erosionando, contaminando, depositando y disminuyendo la capacidad productiva del suelo. Dependiendo de las condiciones geotécnicas de los suelos, principalmente de su capacidad de resistencia a la tensión, los canales naturales desarrollados por el drenaje, se profundizan gradualmente dando lugar a la presencia de cárcavas, estas representan un estado avanzado y complejo de erosión cuyo poder destructivo local es mayor a las otras formas de pérdida de suelo.

Después de realizar el análisis de erosión de la cuenca media y alta del Río Sonora utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS) y el Sistema de Información Geográfica Arc View 3.2, se concluye que la pérdida de suelo es causada principalmente por la escasa vegetación, la composición del suelo y el factor climático, lo que provoca una mayor erosión en el terreno, que combinado con el tipo de roca, nos da como resultado el paisaje de cárcavas de gran tamaño en la porción W y SE de la cuenca. Las de mayor tamaño, se encuentran en la parte W del área entre Hermosillo y Benjamín Hill a lo largo del Río Zanjón, y al Sur en las cercanías de Mazatán. La mayoría de las cárcavas se encuentran en aluviones compuestos de arcillas, limos, arenas y gravas de diferente granulometría (Qal), localizadas más ampliamente al norte de Carbó donde se pueden observar grandes áreas afectadas por la erosión, principalmente hídrica.

Para mapear las cárcavas se utilizaron, imágenes Spot, Landsat, google y fotografías aéreas convencionales escala 1:50,000. Con fotogrametría y SIG se determinó el área de las cárcavas, para el cálculo de avance de erosión de las cabezas de las mismas se utilizó la fórmula del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos  $R = (5.25 \times 10^{-3}) A_0.46 P_0.20$  que al aplicarla a las cárcavas monitoreadas, resultó evidente que la cantidad de erosión en la cabeza de éstas tiene una relación directa con la unidad geomorfológica en la que se encuentra, confirmando que la geomorfología es uno de los factores dominantes en la erosión de una cárcava, es decir que el tipo de roca o suelo y la geoforma determinan el grado de erosión.

GGA-2

### PELIGROSIDAD DE JALES EN TRES ZONAS MINERAS DE MÉXICO Y SUS POTENCIALES IMPLICACIONES AMBIENTALES

Morales Arredondo José Iván<sup>1</sup>, Romero Francisco Martín<sup>2</sup> y Villaseñor Cabral María Guadalupe<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM  
<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM  
 negusa\_negast@yahoo.com.mx

Se realizó un estudio geoquímico en tres presas de jales de diferentes zonas mineras de México, donde se explotan yacimientos polimetálicos de Ag-Pb-Zn: ZM1, ZM3 (centro de México) y ZM2 (sureste de México). El objetivo de la investigación fue determinar la peligrosidad de estos residuos y sus potenciales implicaciones ambientales. En los tres sitios analizados se identificaron jales oxidados (café) y jales inalterados (grises).

Se determinaron concentraciones totales (previa digestión) y geodisponibles (extractos acuosos) de elementos potencialmente tóxicos (EPT) por ICP-AES. Se valoró el potencial de generación de drenaje ácido (DA) midiendo el pH en los lixiviados de jales oxidados. En los jales inalterados se determinó el balance ácido-base (BAB) para pronosticar el potencial de generación de DA a futuro. Así mismo, se identificaron las fases sólidas que rigen la movilidad de EPT utilizando las técnicas de DRX, microscopía óptica y MEB-EDS.

En términos de valores promedio, los jales de la ZM1 presentan altas concentraciones totales de arsénico (As=4689 mg/kg) y plomo (Pb=1407 mg/kg). En los jales de la ZM2, también se determinaron altas concentraciones totales de estos elementos (As=1388 mg/kg y Pb=1479 mg/kg). Sin embargo, en los jales de ZM3, las concentraciones totales de arsénico son relativamente bajas (As=414 mg/kg), pero las de plomo (Pb=1549 mg/kg) son del mismo orden que en los otros sitios evaluados.

Los valores de pH en los lixiviados de los jales oxidados indican que la capacidad de generación de DA descienden en el siguiente orden: ZM2 (pH=2.8) > ZM1 (pH=3.2) > ZM3 (7.8). Los valores más bajos de pH (ácidos) determinados en los lixiviados de los jales oxidados de ZM2 y ZM1 corresponden con las mayores concentraciones de hierro (Fe) [13.3% en ZM2 y 5.8% en ZM1]. En cambio, en los jales de ZM3 donde las concentraciones de hierro son más bajas (Fe=3.9%), el pH de los lixiviados es neutro.

Los resultados promedio de las pruebas BAB indican que los jales inalterados de la ZM1 y ZM2 son generadores potenciales de acidez por su alto potencial de acidez "PA" (71 en ZM1 y 206 en ZM2) y bajo potencial de neutralización "PN" (54 en ZM1 y 121 en ZM2), lo que indica que los minerales neutralizadores son insuficientes para consumir la acidez que se pueda generar. Los jales inalterados de la ZM3 NO son generadores potenciales de acidez pues su "PN" (405) es más alto que su "PA" (76), lo cual indica suficiente cantidad de minerales neutralizadores para consumir la acidez que se pueda generar.

Las mayores concentraciones geodisponibles de As, Pb y Fe se obtuvieron en los lixiviados ácidos de la ZM2 con valores máximos (mg/L) de hasta 3.2 de As, 0.5 de Pb y 130 de Fe. En los jales de la ZM1 y ZM3 las concentraciones fueron inferiores al límite de detección, lo que indica baja movilidad de estos EPT, esta baja movilidad está relacionada con procesos de sorción en superficies de oxihidróxidos de Fe y precipitación de minerales secundarios estables bajo las condiciones actuales de los sitios de estudio.

GGA-3

### SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA COMO INDICADOR DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS DEBIDO A LA DISPERSIÓN DE RESIDUOS MINEROS (JALES)

Pérez Martínez Isabel<sup>1</sup>, Romero Francisco Martín<sup>2</sup>,  
 Zamora Martínez Olivia<sup>2</sup> y Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

isamong@hotmail.com

Los jales y suelos contaminados experimentan cambios en sus propiedades físicas y químicas, debido a la formación de minerales secundarios (Fe-oxihidróxidos) que pueden ser más magnéticos que los minerales primarios (Fe-sulfuros) de los que provienen.

En una zona minera del centro de México, se analizaron 138 muestras de jales (oxidados e inalterados), suelos contaminados y suelos no afectados. Se determinaron pH, conductividad eléctrica (CE), susceptibilidad magnética (SM) y la concentración total de elementos potencialmente tóxicos (EPT). El objetivo de este trabajo fue determinar la correlación entre la concentración de los EPT y la SM; para poder establecer si este parámetro físico, cuya determinación es rápida y de bajo costo, puede utilizarse como indicador de la contaminación de suelos en zonas mineras.

Las concentraciones de EPT resultaron mayores en los jales oxidados con relación a los jales inalterados. En los jales oxidados se determinaron valores máximos de hierro (Fe = 25.6 %) y de otros EPT (en mg/kg) de hasta 94,620 Zn; 46,550 Pb; 8,790 Cu; 6,929 As y 2,090 Cd. En cambio, en los jales inalterados se determinaron valores máximos de hierro (Fe = 4.8 %) y de otros EPT (en mg/kg) de hasta 27,580 Zn; 7,850 Pb; 5,290 Cu; 834 As y 370 Cd. El pH en los dos tipos de jales fue prácticamente neutro (pH = 6.8 - 7.4) y los valores de CE para ambos tipos de jales fueron relativamente altos (501-2590 uS/cm). El valor máximo de SM en los jales inalterados fue de  $88 \times 10^{-8}$  m<sup>3</sup>/kg, mientras que en los jales oxidados resultó de  $1408 \times 10^{-8}$  m<sup>3</sup>/kg. Esta diferencia se explica por el predominio de sulfuros metálicos (minerales poco magnéticos) en los jales inalterados, mientras en los jales oxidados predominan los Fe-oxihidróxidos, que son minerales más magnéticos.

Los suelos no afectados tienen bajo contenido de Fe (1-3%) y EPT (mg/kg): Pb = 20-400; Zn = 50-550; Cu = 90-310, As = No Detectado - 25.9 y Cd (No Detectado). En los suelos contaminados aumenta considerablemente el contenido de Fe (0.9-6.5 %) y de EPT (mg/kg): Pb= 20-9,250; Zn= 90-72,880; Cu= 60-4,030 As= 4.0-1,773 y Cd=2.13-2,510. En ambos casos, los valores de SM variaron ampliamente: en los suelos contaminados la SM = (25 y 282)  $\times 10^{-8}$  m<sup>3</sup>/kg, y en los suelos no afectados la SM = (19 - 229)  $\times 10^{-8}$  m<sup>3</sup>/kg. La correlación de la SM con la concentración de EPT en los jales oxidados es alta (Fe: 0.82, Pb: 0.76, Zn: 0.80, Cu: 0.86 As: 0.77 y Cd: 0.95) no así en los jales inalterados (Fe: 0.03, Pb: -0.9, Zn: 0, Cu: -0.16, As: 0.60 y Cd: -0.01). En los suelos contaminados se encontraron correlaciones relativamente altas entre la SM y los EPT (Fe: 0.73, Pb: 0.66, Zn: 0.59, Cu: 0.62, As: 0.56).

Nuestros resultados indican que la SM puede servir como indicador de la contaminación de suelos con EPT, debido a la dispersión de jales oxidados donde predominan los Fe-oxihidróxidos, cuya capacidad de retención de EPT ha sido ampliamente documentado.

GGA-4

### ESPECIACIÓN DE ARSÉNICO EN RESIDUOS MINEROS A TRAVÉS DE VOLTAMPEROMETRÍA DE REDISOLUCIÓN Y ESPECTROFOTOMETRÍA DE PLASMA INDUCTIVAMENTE ACOPLADO

Alfaro Fuentes Ricardo<sup>1</sup>, Gutiérrez Ruíz Margarita<sup>1</sup>,  
Martínez Jardines Gerardo<sup>2</sup> y Ceniceros Gómez Águeda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Biogeoquímica Ambiental, Instituto de Geografía, UNAM

<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM  
ralfarof@hotmail.com

La toxicidad de los elementos potencialmente tóxicos (EPT) como consecuencia de su no biodegradabilidad, deriva en su acumulación en los distintos receptores del ciclo ecológico y en los sistemas hidrogeológicos. El arsénico es uno de los EPT de mayor preocupación en México y el mundo debido a su abundante presencia en residuos mineros, además que ha sido ampliamente reportado que puede producir trastornos hepáticos, neurológicos, hematológicos, cardíacos e incluso la muerte en seres vivos.

El arsénico se encuentra principalmente en dos estados de oxidación: As (III) y As (V). Se ha reportado que el As(III) es la especie más tóxica; por lo que además de determinar la concentración total de este elemento, en los residuos que los contienen, es de suma importancia determinar la proporción de sus especies, para poder valorar el riesgo real que representa para el ambiente y salud humana.

Se presentan los resultados del desarrollo de un método para la especiación de arsénico en muestras ambientales complejas. Se analizaron muestras de residuos mineros, que se caracterizan por la presencia, además de arsénico, de otros elementos potencialmente tóxicos como cobre, zinc y plomo.

Se determinó la concentración de As(III) por voltamperometría de redisolución anódica. El empleo de esta técnica permite un límite de detección 0.05 mg/L que es inferior al obtenido por otras técnicas. Las concentraciones de As (V) se calcularon restando el As (III) de la concentración total de As, determinada previamente por ICP-AES

Para eliminar las interferencias causadas por la presencia de los metales pesados presentes en las muestras, fue necesario el tratamiento previo de las mismas con diferentes ligantes orgánicos para eliminar a los metales interferentes y dejar al arsénico libre para su análisis por polarografía. Los experimentos realizados muestran que el ligante más efectivo resultó ser la biperidina, ya que elimina totalmente a los metales que interfieren con la lectura del As(III).

En las muestras analizadas se determinaron concentraciones de As (III) del orden de 4000 y 5000 ppm, que resultaron mayores que las concentraciones de As(V) que fueron de 500 y 1000 ppm, respectivamente.

Estos resultados demuestran que la peligrosidad de los residuos analizados es mayor de lo esperado, ya que las altas concentraciones de As (III) indican que son más tóxicos y, que además, es más difícil minimizar su impacto potencial negativo al entorno, debido a que el As (III) es más móvil que el As (V). La mayor movilidad del As (III) se debe a que hasta un pH de 9.2 no presenta cargas, por lo que no se favorece su sorción en superficies minerales, bajo las condiciones ambientales, como ocurre con el As (V).

La importancia de este trabajo consiste en que hemos desarrollado el método para la especiación de arsénico en muestras ambientales complejas y con un límite de detección inferior a los reportados en la literatura; de tal manera que con nuestro aporte se puede hacer una evaluación más real del peligro potencial que puedan representar el arsénico contenido en residuos mineros.

GGA-5

### CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS MINEROS LOCALIZADOS EN LA PARTE SUR DE CHIHUAHUA, MÉXICO DE ACUERDO A LOS CRITERIOS DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA

Pérez Quintero Guillermo<sup>1</sup>, Martínez Jardines Gerardo<sup>2</sup>,  
Gutiérrez Ruíz Margarita<sup>3</sup> y Romero Francisco Martín<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Biogeoquímica Ambiental, Instituto de Geografía, UNAM

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

<sup>3</sup>Instituto de Geografía, UNAM

<sup>4</sup>Instituto de Geología, UNAM

quimicagm@yahoo.com.mx

Se realizó un estudio geoquímico para evaluar la peligrosidad de jales ubicados en la parte sur del estado de Chihuahua, México. Estos jales son el producto de la explotación de una mina, actualmente inactiva, de Pb-Zn-Ag.

La peligrosidad de estos residuos mineros se determinó de acuerdo a lo indicado en la normatividad ambiental mexicana. En México, la Norma Oficial Mexicana en materia de jales (NOM-141-SEMARNAT-2003) indica que estos residuos se clasifican como peligrosos cuando son potenciales generadores de Drenaje Ácido y si contienen elementos tóxicos geodisponibles en concentraciones superiores a los límites establecidos.

Se colectaron un total de 110 muestras de jales: 80 muestras superficiales para formar 16 muestras compuestas y 30 muestras simples en perfiles de 100 cm de profundidad. Se determinaron concentraciones totales (previa digestión) y geodisponibles (extractos acuosos) de los elementos potencialmente tóxicos normados (As, Ba, Cd, Cr, Hg, Ag, Pb y Se) por ICP-AES. Se valoró el potencial de generación de drenaje ácido (DA), para lo cual se determinó el balance ácido-base (BAB). Así mismo, se hizo la caracterización mineralógica (DRX y MEB-EDS) de estos jales para poder explicar los fenómenos geoquímicos que han tenido lugar.

Por su capacidad para la generación de drenaje ácido, los jales estudiados se clasifican como NO PELIGROSOS. Los resultados de la prueba de BAB indican que los valores de la relación "Potencial de neutralización (PN)" / "Potencial de acidez (PA)" varían de 1.6 a 3.4 con un valor promedio de 2.8, lo que significa que el "PN" es mayor que el "PA", que a su vez indica que existe suficiente cantidad de minerales neutralizadores, para consumir la acidez que se pueda generar, entre los que destacan los feldspatos los cuales fueron debidamente identificados por DRX.

Por su toxicidad los jales de estudio se clasifican como NO PELIGROSOS; ya que las concentraciones geodisponibles de los constituyentes tóxicos son muy bajas e inferiores a las concentraciones máximas permisibles señalados en la NOM-141. De los EPT analizados, solamente se determinaron concentraciones geodisponibles muy bajas de As (0.15 – 0.22 mg/L), Ba (0.02 – 0.9 mg/L) y Pb (0.24 – 0.61 mg/L).

Los análisis por MEB-EDS permitieron identificar que, los EPT están siendo retenidos en partículas de Fe-oxihidróxidos, lo que explica su baja geodisponibilidad.

A pesar de que los jales estudiados resultaron ser NO PELIGROSOS, de acuerdo a la normatividad ambiental mexicana, estos residuos se caracterizan por las altas concentraciones totales de arsénico (1570 mg/kg) y plomo (12119 mg/kg). Si no se toman las medidas para evitar la erosión hídrica y eólica, estos jales pueden ser dispersados al entorno con la subsecuente contaminación del medio abiótico.

GGA-6

### ESTUDIO DE MATERIALES NATURALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE BARRERAS GEOQUÍMICAS PARA RETENCIÓN DE ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS

Martínez Jardines Gerardo<sup>1</sup>, Gutiérrez Ruíz Margarita<sup>2</sup> y Romero Francisco Martín<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geografía, UNAM

<sup>3</sup>Instituto de Geología, UNAM

quimicagm@yahoo.com.mx

Cuando no existen controles ambientales, en los depósitos de residuos peligrosos de la industria minero-metalúrgica, se pueden formar lixiviados que contienen elementos potencialmente tóxicos (EPT) disueltos como el plomo, arsénico y cadmio; los cuales representan un riesgo para el ambiente y salud humana. Debido a esta situación es importante generar información científica que permita plantear soluciones con el fin de minimizar el daño potencial de estos EPT.

En el presente trabajo se estudian materiales naturales para la formación de barreras geoquímicas que sirvan como filtros para retener los EPT disueltos en los lixiviados que puedan generarse en los residuos de una industria metalúrgica inactiva.

Se estudiaron 5 materiales de diferentes afloramientos de los alrededores de la ciudad de San Luis Potosí, México. Se determinaron pH, CE, concentraciones totales de EPT, potencial de carga cero (pHpzc) y comportamiento ácido-base. La composición mineralógica se determinó por DRX y MEB-EDS. La capacidad de retención de los materiales se llevó a cabo a partir de experimentos de sorción de arsénico (III), arsénico(V), cadmio y plomo. Se utilizó una relación muestra:disolución 1:20 (10 g de muestra y 200 mL de una disolución de 100 ppm de cada metal). Las muestras se mantuvieron en agitación continua por 12 días. De cada día se tomó una submuestra homogénea de 5 mL, la cual fue filtrada por 0.45 µm. El filtrado fue acidificado y se analizó el contenido de EPT por ICP-AES.

Los 5 tipos de materiales analizados se caracterizan por la presencia de esmectita, cuarzo, clorita y plagioclasa. Adicionalmente, en dos de estos materiales se identificó calcita, lo cual es congruente con los contenidos de calcio (4 y 14 %).

La alcalinidad para los dos materiales con calcita es de 111 kg CaCO<sub>3</sub>/Ton y de 278 kg CaCO<sub>3</sub>/Ton. Las otras tres muestras no presentaron propiedades ácido base. El análisis de potencial de carga cero indicó que todos los materiales presentan un pHpcz alrededor de 3, es decir por arriba de este pH los materiales presentan una carga superficial negativa, que indica su capacidad para retener cationes disueltos.

El mejor material (rico en calcita) presentó una sorción para arsénico (III) de 30% y 15 % para arsénico (V), para cadmio se alcanza el 90 % y para el plomo de 100%. Estos resultados se pueden explicar por la capacidad de estos materiales por conferir, al medio de reacción, la alcalinidad necesaria que provoca la precipitación de los cationes metálicos. Por otra parte, las arcillas poseen capacidad de intercambio catiónico, que permite la retención de cationes. Este tipo de arcillas pueden presentar carga positiva en su superficie debido a las sustituciones isomórficas en sus estructuras, que permite su interacción con aniones como el As (III) y As (V), y retenerlos.

Podemos concluir que los materiales ricos en calcita pueden ser utilizados para la construcción de barreras geoquímicas para el control total de los metales pesados (plomo y cadmio) y para el control parcial de arsénico (III) y arsénico (V).

GGA-7

### EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y GEOQUÍMICAS EN LA SELECCIÓN DE SITIOS PARA EL ALMACENAMIENTO AMBIENTALMENTE SEGURO DE RESIDUOS MINERO-METALÚRGICOS

Hernández Cruz Grisleda Berenice<sup>1</sup> y Romero Francisco Martín<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM

gbere\_hernandez@yahoo.com.mx

Los residuos generados en un complejo metalúrgico, ubicado en San Luis Potosí, requieren ser almacenados "in situ" de tal manera que se garantice su aislamiento ambientalmente seguro. El Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos indica que una de las opciones para el almacenamiento definitivo y seguro de los residuos, es su confinamiento en "formación geológicamente estable". El confinamiento en "formación geológicamente estable" es una obra de ingeniería para la disposición final en estructuras naturales o artificiales, impermeables, que garanticen que no haya infiltración hacia las aguas subterráneas.

Se estudiaron características físicas y geoquímicas del terreno donde se ubica el complejo metalúrgico con el objetivo de identificar los sitios que cumplen con la condición de "formación geológicamente estable".

El clima de la zona es semiárido con escasa cubierta vegetal. La precipitación es menor que la evaporación. La dirección del viento es hacia el este (E) y suroeste (SW). Geológicamente, el sitio se encuentra sobre el "Conglomerado Halcones" (espesor = 150 m). Con excepción de los primeros 0.5 m (material intemperizado), el conglomerado está muy consolidado. El nivel de las aguas subterráneas está a unos 100 m de profundidad y los análisis químicos permiten clasificarlas como aguas bicarbonatadas sódicas, lo cual indica que están relacionadas con flujos profundos y regionales.

La aplicación del modelo "GOD" (para la valoración de la vulnerabilidad), señalado en las Normas Oficiales Mexicanas, indica que el Índice de Vulnerabilidad "VAq" varía entre 0.072 y 0.168, lo que significa que el acuífero NO es vulnerable a la contaminación por infiltración a través de la zona vadosa. Estos resultados se validaron con pruebas de permeabilidad "in situ" (pruebas Lugeón) que permiten clasificar, de manera general, al Conglomerado Halcones, como "muy impermeable" y "prácticamente impermeable".

Los resultados de los análisis químicos (método EPA 6200) en núcleos de perforación (10 perforaciones de 32 m c/u) indica que los contaminantes (As y Pb) no migran verticalmente a través del conglomerado compacto debido a la baja permeabilidad. Así mismo, el comportamiento de las concentraciones totales de los contaminantes en la parte del conglomerado intemperizado indica baja movilidad, lo que es atribuido a fenómenos geoquímicos de atenuación natural (inferidos a partir de análisis con MEB-EDS) que impiden la liberación de estos EPT y la subsecuente movilidad hacia estratos inferiores.

Las particularidades geológicas y geoquímicas del sitio de estudio permiten dividir la zona en i) zona occidental y ii) zona oriental. En la zona occidental se cumple con la condición de "formación geológicamente estable" ya que el Conglomerado Halcones se clasifica, en toda la profundidad estudiada, como "muy impermeable" lo que impide la migración vertical de contaminantes, con excepción de los primeros 0.5 m donde el conglomerado presenta signos avanzados de intemperismo. En la zona oriental no se cumple con la condición de "formación geológicamente estable", ya que la parte superior del conglomerado (en los primeros metros) es relativamente permeable.

GGA-8

### AFECTACIONES EN LA CALIDAD DEL AGUA DE ABASTO A LA POBLACIÓN POR DRENAJES DE MINAS ABANDONADAS EN UNA ZONA NATURAL PROTEGIDA DE GUANAJUATO, GTO.

Ramos Arroyo Yann René<sup>1</sup>, Martínez Arredondo Julio César<sup>2</sup>, Ramírez Aguayo Víctor Hugo<sup>2</sup>, Ramírez Navarro Francisco<sup>1</sup> y Sandoval Juárez Carmen<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geomática e Hidráulica, Universidad de Guanajuato

<sup>2</sup>Maestría en Ciencias del Agua, Universidad de Guanajuato

<sup>3</sup>Departamento de Química, Universidad de Guanajuato

yannramos@quijote.ugto.mx

La ciudad de Guanajuato tiene como fuentes de abasto a la población una red de acuíferos localizados al sur del municipio y un sistema de tres embalses localizados en una vertiente del norte del río Guanajuato que es considerada un área natural protegida. En este trabajo se presenta un análisis hidrogeoquímico así como un balance hídrico que considera los drenajes de minas abandonadas en la vertiente norte del río Guanajuato, también llamada cuenca Esperanza-Soledad-Santana.

El 30 % del agua de abasto a la población de Guanajuato se extrae de las presas Esperanza y Soledad localizadas en subcuencas consideradas áreas naturales protegidas. Existe otro pequeño embalse de 0.5 millones de metros cúbicos que es una fuente potencial aún no aprovechado. En ambas cuencas se encuentran minas y residuos mineros abandonados que llegan a verter aguas de drenaje a los arroyos naturales y que representan un riesgo de afectación a la calidad del agua.

En la cuenca La Esperanza se localizan dos pequeñas minas abandonadas de sulfuros masivos vulcanogénicos así como dos depósitos de residuos que aporta lixiviados que localmente afectan la calidad del agua.

Se realizó una cuantificación de los flujos de un socavón y drenaje de jales abandonados para conocer su evolución temporal una caracterización de las aguas y las fases minerales para plantear las interacciones agua-roca que controlan la liberación de solutos.

Con la estimación de volumen que drena, un análisis de la distribución de las lluvias y de aplicar un modelo lluvia-escurrimiento, se derivó que tan significativos son los drenajes de los residuos en la calidad del agua de la presa La Esperanza.

Los lixiviados de la mina de sulfuros masivos tienen una naturaleza ácida, son aguas sulfatadas férricas altas en aluminio y magnesio. Esta agua se diluyen y neutralizan conforme avanzan gradiente abajo y al llegar a la presa ya no se detecta la acidificación.

Se encontró que los residuos se han movilizado físicamente y llegaron a una zona de acumulación que representa un riesgo potencial ya que liberan ácido sulfúrico y metales como aluminio y cadmio.

Existe otra cuenca gradiente abajo donde se encuentra una mina epitelmal que vierte drenajes casi durante todo el año al canal principal. Esta agua son de naturaleza sulfatada cálcica y representan del 1 al 5 % del drenaje de la cuenca Santana. Sin embargo, este pequeño porcentaje es muy significativo ya que cambia la naturaleza de las aguas de bicarbonatada-cálcicas a sulfatado-cálcicas y el uso potencial, ya que la población detecta que en temporada de secas no puede utilizarse en la alimentación.

De las cuencas Esperanza y Soledad drenan cantidades muy significativas de sulfatos, más de 10,000 ton al año. Se ha observado que en la cortina de la presa Burrones la cantidad de sulfatos disminuye significativamente, y hay evidencias de que se está realizando un proceso de sulfato-reducción. Se realizará un estudio muy detallado de este sistema para plantear un sistema reactivo para minimizar las cantidades de sulfatos en una cuenca como propuesta de mejoramiento de la calidad del agua.

GGA-9 CARTEL

### PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEODIVERSIDAD DE JALISCO

Maciel Flores Roberto<sup>1</sup>, Maciel Tejeda Christian Alexander<sup>2</sup> y Rosas Elguera José<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente

romaciel@cencar.udg.mx

"Patrimonio Geológico" es definido por Gallego y García (1996) como el conjunto de recursos naturales no renovables de valor científico, cultural, educativo; ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno o yacimientos paleontológicos y mineralógicos que permiten reconocer, estudiar e interpretar la historia geológica de la Tierra, los procesos que la han modelado.

El Patrimonio Geológico y la Geodiversidad en Jalisco, que incluye además el valor recreativo, puede ser visualizado desde cuatro puntos de vista: a) yacimientos minerales; b) fósiles; c) recursos hídricos y energéticos y d) Volcanismo activo.

a) En Jalisco hay gemas, minerales metálicos y no metálicos, el ópalos en Magdalena, oro, plata, plomo, cobre y zinc (Sierra Madre Occidental y Sierra Madre del Sur), sílice, calcita, caolín y diatomeas (Faja Volcánica Mexicana), calizas, dolomitas, mármol (Sierra Madre del Sur, Faja Volcánica Mexicana y Meseta Central) y rocas para la construcción y ornato de edificios patrimoniales.

b) Hay mastodontes en depresiones tectónicas (e.g. Ameca, San Marcos). Fósiles de flora en la Sierra de la Primavera. Diatomeas de Andrés Figueroa. Árboles petrificados en la sierra de Unión de Tula.

c) El lago de Chapala es el más importante de México, está mayoritariamente en Jalisco. La laguna de Cajititlan. El Río Santiago que además de su biodiversidad aloja diversas presas. Las 400 manifestaciones termales y el único geysir a nivel nacional son muestra de su gran potencial energético.

d) Aunque en Jalisco hay más de 500 volcanes el mas importante por su actividad es El Colima. Los volcanes Tequila, Nevado de Colima, Cerro del Cuatro y Cerro de la Reina entre otros son expresiones morfológicas notables en Jalisco.

Estructuras geológicas regionales; Unión Triple del Rift Tepic Chapala, Colima y Chapala. Morfología terrestre; mesetas, planicies, cañones, montañas, esteros. Formaciones geológicas únicas; Piedras Bolas, monolitos en la Sierra El Águila y Tapalpa. Marina que incluye bahías, playas, islas y plataforma con fondos blandos y rocosos; Margen Submarina del Pacífico, Placa Rivera y la Dorsal del Pacífico Oriental.

GGA-10 CARTEL

### SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE SIERRA FRÍA, ZACATECAS, MÉXICO

Chávez Verónica Paniagua<sup>1</sup> y Hernández Ramírez Daniel<sup>2</sup><sup>1</sup>Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional<sup>2</sup>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas  
vpaniagua@mail.zacatecas.gob.mx

El contar con un sistema de información geográfica integral con los aspectos biofísicos, ambientales, sociales y económicos, sirve como base para el establecimiento de políticas de protección, manejo y conservación en el Área Natural Protegida de la Sierra Fría, siendo el principal objetivo lograr el desarrollo sustentable del sitio.

Bajo este esquema, uno de los principales problemas que se presentan al desarrollar e implementar los Programas de Manejo y conservación del Área Natural Protegida, es indudablemente la carencia de herramientas poderosas de procesamiento e interpretación de información, que ayuden a la toma de decisiones correctas en el manejo, restauración y planeación de las mismas, lo que se ve reflejado en la falta de procesos maleables en lo referente a la conservación de los recursos naturales.

En la búsqueda constante de la sustentabilidad de las Área Natural Protegida, obliga a operar un sistema que facilite la coordinación entre los diferentes actores administrativos (federal, estatal, municipal y local), todo en la búsqueda de definir estrategias efectivas, obteniendo un incremento de las potencialidades, entre algunos de los beneficios a corto plazo de la implementación de un Sistema de Información Geográfica en una Área Natural Protegida, es el de permitir de una manera mas rápida solucionar problemas en lo respectivo a la zonificación del área.

La implantación de este Sistema de Información Geográfica en el Área de Protección de Recursos Naturales de Sierra Fría Zacatecas, presentará una aproximación real del entorno geográfico, tanto en aspectos físicos, como económicos, humanos y sociales, logrando de esta manera una mejor planificación y manejo de los recursos naturales de la Área Natural Protegida, debido a que facilitaría entender de una manera integral las prioridades de las necesidades de sus pobladores en los diferentes niveles, tal es el caso de fenómenos ambientales, sanitarios, educativos, de carencia y aprovechamiento de infraestructura, falta de servicios básicos, etc.

El proceso metodológico consiste básicamente, en la creación del inventario ambiental de la zona, introduciendo en el sistema la información algunas o todas de las siguientes variables: Geología, Litología, Geomorfología, Riesgo de erosión, Riesgo de inundación, Edafología, Agua, Clima, Vegetación, Fauna, Paisaje, índices de marginación y pobreza, salud, servicios básicos, vías de comunicación, infraestructura turística, abasto de alimentos, etc.

Al final de este proceso se podrá contar con una herramienta con carácter de un banco de información sistematizada, confiable, del cual los interesados pueden hacer usos del mismo sobre todo en aspectos de mejoramiento, restauración y manejo de la Área de Protección de Recursos Naturales de Sierra Fría, Zacatecas, además de apoyar el desarrollo del Programa de conservación y Manejo de la Zona.

GGA-11 CARTEL

### ANÁLISIS DEL POZO PROFUNDO "LAS MARAVILLAS" DE USO PÚBLICO URBANO, DEBIDO A LA FILTRACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE DESECHOS MUNICIPALES, EN EL MUNICIPIO DE ACATZINGO DE HIDALGO, PUE.

Gallardo Zepeda Gabriela y Herrera Juárez Viridiana  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
gaby\_gaze@hotmail.com

El pozo profundo "Las maravillas" se encuentra ubicado en la localidad de Acatzingo de Hidalgo en el estado de Puebla. Dicho municipio se localiza en la parte central del estado; limita al norte con Nopalucan y Soltepec; al sur con Los Reyes de Juárez, San Salvador Huixcolotla y Quecholac, al este con Felipe Ángeles y al oeste con Tepeaca.

En el mes de septiembre de 2007 el SOAPA ACAT (Sistema Operador de Agua Potable y Acantarillado Acatzingo, Pue), observó que el agua de dicho pozo se encontraba contaminada, ya que habitantes de dicho municipio manifestaron su inquietud ante la presencia de un olor fétido acompañado de un color ocre.

Ante dicha situación el SOAPA ACAT procedió a hacer una investigación a detalle con referente al pozo que abastecía a la localidad así como remediar la situación. Encontraron que el problema de dicha contaminación se debió a que, cerca del pozo se hallaban unas galerías que fueron cerradas ante el crecimiento de la población; pero algunos pobladores no estaban conectados al sistema de drenaje ante ello las aguas residuales eran enviadas a dichas galerías y aunado a esto, en tiempos de lluvia las galerías se fueron llenando hasta que inició la filtración hacia el pozo. El tipo de subsuelo que se presenta en la zona son depósitos de materiales calizos de diferentes compactaciones y permeabilidades, siendo este, un factor en la filtración del agua residual.

Los métodos que se utilizaron para remediar el problema fueron los siguientes; primero procedieron a hacer una rehabilitación al pozo (limpieza como factor principal), seguido de una inspección técnica filmica para verificar las condiciones físicas en las que se encuentra el pozo, después se realizaron análisis físico-químicos.

Se obtuvo como resultado de los análisis que, con la intervención de la rehabilitación se disminuyó la contaminación del agua y se dictaminó que el agua se podía consumir de acuerdo a la norma oficial Mexicana NOM\_127\_SSA1\_1994 agua para uso y consumo humano. Pero la gente por falta de difusión de la información se niega a emplear el agua en sus quehaceres domésticos así como consumir la misma.

El fin de esta investigación es realizar otros estudios físico-químicos para comparar con los análisis anteriores y observar si hubo una purificación relevante por medio natural, así como verificar que el agua realmente pueda ser de uso y consumo humano de acuerdo a las normas oficiales del agua potable. Con los resultados obtenidos se pretende dar solución para que la filtración no siga y así el agua sea lo mas limpia posible. En caso de que el agua sea consumible se informará a la gente para que puedan realizar sus actividades domésticas. Otro de los objetivos es hacer conciencia a las personas del cuidado de la misma.

GGA-12 CARTEL

### ALTERNATIVA PARA LA UBICACIÓN DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS SEGÚN LA NOM-083-SEMARNAT-2003, EN EL MUNICIPIO DE COPALILLO, GUERRERO

Patiño Martínez Paulina<sup>1</sup>, Cerca Mariano<sup>1</sup>, León Paulina<sup>1</sup>, Enríquez Mónica<sup>1</sup>, Botero Paola<sup>1</sup>, Moreno Adriana<sup>1</sup>, Arvizu Gutiérrez Harim Elmer<sup>1</sup>, Portillo Pineda Rodrigo<sup>1</sup>, Ortiz Ignacio<sup>1</sup> y Mitre Salazar Luis Miguel<sup>2</sup><sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Geociencias, UNAM<sup>2</sup>Centro de Geociencias, UNAM

paulina\_pm@geociencias.unam.mx

La adecuada disposición de residuos sólidos requiere la planeación de sitios con características especificadas por la NOM-083- SEMARNAT-2003. En localidades, como el Municipio de Copalillo, Guerrero, que producen menos de 10 toneladas al día de residuos, las exigencias de la norma son más flexibles.

Tomando en cuenta que si bien el volumen generado no es por sí mismo importante, la puesta en marcha de un Programa de Disposición de Residuos Sólidos, apoyado en un estudio geológico en este tipo de localidades, que en su gran mayoría se encuentran localizadas en zonas ecológicamente vulnerables a la contaminación como cauces de ríos o zonas de recarga de acuíferos, además de corregir la disposición desordenada de residuos, servirá para que la población en su conjunto pueda sensibilizarse de la importante y urgente tarea de la preservación del medio ambiente en general y de sus recursos en particular.

La zona de Copalillo representa un laboratorio natural para explorar alternativas tanto para la ubicación de un sitio de disposición final de residuos acorde con la legislación vigente, como el diseño de un plan que propicie la recuperación de residuos tanto orgánicos como inorgánicos, disminuyendo con ello el volumen de la descarga final.

En este trabajo se realizó una cartografía geológica detallada de la zona para generar datos confiables y desarrollar una herramienta que sirva como respaldo a las decisiones en la planificación del municipio. Se identificó así una alternativa para la ubicación del sitio destinado que garantice la protección del ambiente, la preservación del equilibrio ecológico y de los recursos naturales,

reduciendo con ello los efectos contaminantes provocados por la inadecuada disposición de los residuos sólidos urbanos y la protección de la salud pública en general.

Geológicamente la zona esta conformada rocas metamórficas del Paleozoico, representadas por el Complejo Acatlan; generadas en un ambiente marino presentando gran deformación dúctil, unidades de conglomerados, limolitas y areniscas del Cretácico (Formación Zicapa), cubierta discordantemente por caliza de la Formación Morelos también del Cretácico (Aptiano al Cenomaniano) con un espesor hasta de 1700 metros. Cerca del municipio de Copalillo predomina la Formación Copalillo del Cretácico representado por conglomerado de lechos rojos y areniscas, con clastos volcánicos y roca caliza. Por último el relleno en zonas cercanas al río y las planicies aledañas está constituido por material aluvial y coaralial del cuaternario.

GGA-13 CARTEL

### EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL OCASIONADO POR JALES PROVENIENTES DE LA EXPLOTACIÓN DE YACIMIENTOS DE HIERRO

Rosas Gómez Heriberto<sup>1</sup>, Martínez Jardines Gerardo<sup>2</sup>,  
Gutiérrez Ruiz Margarita<sup>3</sup> y Romero Francisco Martín<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Biogeoquímica Ambiental, Instituto de Geografía, UNAM

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

<sup>3</sup>Instituto de Geografía, UNAM

<sup>4</sup>Instituto de Geología, UNAM

herizo09@yahoo.com.mx

En los últimos años los residuos mineros (jales) han sido objeto de estudios especializados debido al riesgo ambiental que representan. Ante tal situación diferentes países del mundo, incluyendo México, han generado normas o guías ambientales para regular este tipo de residuos con el fin de proteger al ambiente.

En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación de la Norma Oficial Mexicana de jales (NOM-141-SEMARNAT-2003) en este tipo de residuos mineros, provenientes de la explotación de yacimientos de mineral de hierro, situados en la parte este México; con el objetivo de evaluar su peligrosidad. Así mismo, se aplicaron los criterios de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 (Norma Oficial Mexicana de suelos contaminados) con el fin de valorar la afectación y riesgo ambiental en suelos y sedimentos, ubicados dentro de la zona de influencia de los jales del sitio de estudio.

Para que los jales sean clasificados como peligrosos para el ambiente es necesario que sean generadores de acidez y/o que los elementos potencialmente tóxicos que contienen estén en formas geodisponibles (solubles).

Con base en las características geológicas, mineras y climáticas se diseñó y llevó a cabo el muestreo. Se recolectaron muestras de jales, suelos y sedimentos (fuera y dentro de la zona de influencia). Las muestras de suelos fuera de la zona de influencia sirvieron para determinar los valores naturales de fondo, que se utilizaron como valores de referencia para identificar la afectación de los suelos, debido a la dispersión de los jales de estudio.

En todas las muestras se analizaron: pH, conductividad eléctrica (CE), sulfatos, concentraciones totales de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT) [As, Ba, Be, Cd, CrVI, Hg, Ni, Ag, Pb, Se, Tl y V]. Se realizaron pruebas de extracción para determinar la concentración soluble de EPT y de Balance Ácido-Base, para determinar el potencial de generación de drenaje ácido.

Los principales resultados de este estudio indican que: 1) Los jales estudiados se caracterizan por tener concentraciones bajas de EPT que resultaron inferiores a los valores naturales de fondo de la región. 2) Por su toxicidad los jales se clasifican como NO PELIGROSOS; ya que las concentraciones solubles de los constituyentes tóxicos son inferiores a las permisibles. 3) Por su capacidad potencial para la generación de drenaje ácido los jales estudiados se clasifican como PELIGROSOS, ya que los resultados indican que el potencial de acidez (PA) es mayor que el potencial de neutralización (PN). La relación PN/PA de estos jales varía de 0.3 a 1.3.

Los suelos y sedimentos ubicados dentro de la zona de influencia, de los jales estudiados, no están afectados por la dispersión de estos residuos y, bajo las condiciones actuales, no se identificó que haya riesgo ambiental de acuerdo a los criterios de la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.

GGA-14 CARTEL

### PROBLEMAS DE EXPLOTACIÓN DE PRESAS ARTIFICIALES Y ESTUDIOS SISMOACÚSTICOS DE ALTA RESOLUCIÓN EN LA PRESA CERRO PRIETO LINARES, N. L., MÉXICO

Perales Martínez Brenda<sup>1</sup>, Estrada Solís Ana<sup>1</sup>, Krivosheya Konstantin<sup>1</sup>, Yutsis Vsevolod<sup>1</sup>, De León Gómez Héctor<sup>1</sup>, Levchenko Oleg<sup>2</sup>, Lowag J.<sup>3</sup> y Kotsarenko Anatoly<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

<sup>2</sup>Shirshov Institution of Oceanology, Academy of Sciences of Russia, Moscow, Russia

<sup>3</sup>INNOMAR Technologie GmbH, Rostock, Germany

<sup>4</sup>Centro de Geociencias, UNAM

vyutsis@fct.uanl.mx

La Presa José López Portillo (Cerro Prieto), es una fuente de abastecimiento de aguas superficiales perteneciente al Sistema Regional Linares-Monterrey; construida para abastecer a Monterrey y su área metropolitana. Existen varios problemas en la construcción y explotación de presas como: condiciones geológicas e hidrogeológicas desfavorables en su construcción, sedimentos transportados a los embalses y saneamiento, pérdidas enormes por evaporación, condiciones atmosféricas cambiantes, filtraciones tanto subterráneas como en la construcción, deformaciones causadas por la presión hidráulica, salinización producida como consecuencia de la elevación del nivel freático, deterioro de las compuertas y fallas. (De León- Gómez, 1993).

La descarga de los ríos de la localidad provoca en las cuencas una importante aportación de sedimentos en el embalse (Dunbar, 1963). El peso del agua puede afectar a procesos tectónicos, reactivando fallas e inducir eventos sísmicos (Vallejo, 2006). Las filtraciones pueden producir erosión kárstica. Se presume que dichos

procesos pueden reflejarse en variaciones temporales de las profundidades de la presa. Los cuales podemos observar con métodos muy precisos.

En este estudio se está presentado resultados de observaciones con el método acústico no-lineal de alta resolución del fondo de la presa Cerro Prieto. El método de acústica no-lineal es el primero realizado en la presa Cerro Prieto (Yutsis et. al, 2008). El método tiene resolución de 1 – 10 cm y alcance de profundidad de 1-10 m aproximadamente. Para estimar variaciones temporales (relacionados a sedimentación, erosión y deformación) se utilizaron datos topográficos digitales de escala 1:5000 comparándolos con los datos sismo-acústicos obtenidos.

Se encontró que las diferencias de profundidades del fondo varían mucho (hasta 4 m aprox.), por lo cual es difícil explicar cómo procesos de erosión, deformación y/o sedimentación. Se supone que los datos topográficos tienen menor precisión por lo cual no se puede utilizar para resolver los problemas dichos en la manera mas correcta. Los datos sismo-acústicos no revelan una gran cantidad de sedimentos, lo cual podría ser debido a que no se han depositado o debido a las propiedades físicas de algunas capas de rocas que contienen gas orgánico que no permite que las ondas acústicas tengan mayor penetración.