

Sesión Especial

**AVANCES EN EL ESTUDIO DE LA  
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL  
Y SU RELACIÓN CON LAS  
CIENCIAS DE LA TIERRA**

Organizadores:

Antonio Hernández Espriú  
José Santos Jallath

SE10-1

**POLARIZACIÓN INDUCIDA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO APLICADA A PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN**

Tejero Andrade Andres, López González Aide y Delgado Solorzano Cecilia  
*Facultad de Ingeniería, UNAM*  
 tandre@cancun.fi-a.unam.mx

Las pruebas han mostrado que al realizar un levantamiento convencional de resistividad, no ha sido posible diferenciar zonas con comportamientos electroquímicos semejantes, tanto de origen orgánico como del inorgánico. Es por ello que, a partir de estudios mineros de los años 50's, se desarrolló el método de Polarización inducida, con bastante éxito en esta industria.

En años recientes el método de PI se ha aplicado a problemas de contaminación en suelos, con resultados bastante alentadores. Esta técnica ha sido puesta a prueba, trabajando en el dominio del tiempo, mediante dos perfiles de tomografía eléctrica con datos de resistividad y cargabilidad tomados simultáneamente. Cada uno de ellos fue realizado en un sitio contaminado por hidrocarburos y por cobre respectivamente en una zona ubicada al Norte de la Ciudad de México, en donde la estratigrafía y la distribución del contaminante eran complicadas.

En el primer caso, los hidrocarburos se encontraban en fase libre y fase disuelta en proceso de remediación, mismo que proporcionó las condiciones para la toma de muestras de suelo y agua que fueron enviadas a un laboratorio para analizarlas de manera analítica, con lo que se obtuvieron concentraciones de benceno en 4 pozos cercanos a la línea del perfil eléctrico.

Para el suelo contaminado por cobre, al igual que en el primer caso, se obtuvieron las respuestas eléctricas y de cargabilidad, donde se identifican anomalías de mayor concentración.

Los resultados obtenidos son alentadores, ya que se logra delimitar las zonas de mayor concentración de contaminantes y que muestran el potencial del método de polarización inducida en problemas de contaminación.

SE10-2

**SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA COMO INDICADORES INDIRECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS CON ARSÉNICO, CADMIO Y PLOMO**

Romero Francisco Martín<sup>1</sup>, Pérez Martínez Isabel<sup>2</sup>,  
 Zamora Martínez Olivia<sup>1</sup> y Gutiérrez Ruiz Margarita<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>*Instituto de Geología, UNAM*  
<sup>2</sup>*Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM*  
<sup>3</sup>*Facultad de Química, UNAM*  
 fmrch@geologia.unam.mx

La contaminación de los suelos con elementos potencialmente tóxicos (EPT) representa un riesgo para la salud humana y para el ambiente en general; por lo que determinar la distribución espacial de estos contaminantes del suelo es fundamental para la gestión ambiental y toma de decisiones.

Convencionalmente, para determinar la distribución espacial de EPT en suelos es necesario llevar a cabo estudios que tienen un alto costo y cuya realización requiere de mucho tiempo; sobre todo en grandes áreas, ya que se requiere de un gran número de muestras y sus respectivos análisis geoquímicos. Por lo tanto, en una primera etapa de un estudio de contaminación de suelos, la determinación de parámetros indirectos, que permitan la generación de información rápida y de bajo costo, puede ser útil para delimitar zonas con diferente grado de afectación y servir como indicadores de la contaminación con el fin de seleccionar, de manera racional y objetiva, los sitios de muestreo para análisis geoquímicos, en etapas posteriores del estudio.

Presentamos los resultados de un estudio donde se utilizaron la susceptibilidad magnética y la conductividad eléctrica para la identificación de la fuente de contaminación de EPT y la delimitación de las zonas donde los suelos presentan diferente grado de afectación, debido a las actividades de una industria metalúrgica.

Se colectaron y analizaron un total de 106 muestras de suelos y residuos. Se determinaron pH, conductividad eléctrica, susceptibilidad magnética y la concentración total de arsénico, cadmio, plomo, hierro.

El coeficiente de correlación entre la susceptibilidad magnética y las concentraciones totales de arsénico ( $r = 0.91$ ), cadmio ( $r = 0.78$ ), Pb ( $r = 0.89$ ) y hierro ( $r = 0.60$ ), es relativamente alto. En cambio, el coeficiente de correlación entre la conductividad eléctrica y las concentraciones totales de arsénico ( $r = 0.21$ ), cadmio ( $r = 0.41$ ), Pb ( $r = 0.30$ ) y hierro ( $r = 0.43$ ), es relativamente bajo. Sin embargo, los valores mayores de conductividad eléctrica se determinaron en las muestras que fueron identificadas como los residuos, que constituyen la fuente de contaminación de los suelos del sitio de estudio.

Nuestros resultados permiten concluir que la conductividad eléctrica puede servir como indicador indirecto de la fuente de contaminación de arsénico, plomo y cadmio; y que la susceptibilidad magnética puede ser utilizada para identificar

zonas donde los suelos presentan diferente grado de contaminación, debido a la presencia de los EPT antes mencionados, en zonas afectadas por actividades metalúrgicas.

SE10-3

**CARACTERIZACIÓN DE UN SITIO CONTAMINADO CON HIDROCARBUROS EN PUEBLA, MÉXICO**

Acevedo Marruecos Diana, Iturbe Argüelles Rosario, Pérez Casimiro Guillermina y Castro Rodríguez Alejandrina  
*Instituto de Ingeniería, UNAM*  
 dyana@iingen.unam.mx

El objetivo de la caracterización de los sitios contaminados por hidrocarburos, es recabar la mayor información posible sobre el lugar afectado de manera que logre delimitar por completo la pluma contaminante; así como identificar el tipo de hidrocarburo y la cantidad mezclada en el suelo.

El siguiente trabajo se realizó en el estado de Puebla, Puebla. El muestreo asistido fue realizado por el grupo de Saneamiento de Suelos y Acuíferos del Instituto de Ingeniería de la UNAM. El plan de muestreo fue realizado de acuerdo a lo establecido en la NOM-138-SEMARNAT-SS/2003. Para la obtención de las muestras se utilizó un equipo neumático Long Year, modelo 34 del año 2006, su motor diesel marca Perkins con sistema para evitar la formación de chispa durante el encendido.

En total se muestrearon 23 puntos a diferentes profundidades (entre la superficie y 3 m de profundidad en promedio), excepto en uno que fue a 5.20 m debido a la fuerte contaminación observada; logrando así un total de 42 muestras incluyendo cuatro duplicados.

El hidrocarburo identificado fue diesel, por lo que a las muestras se les realizó un análisis de hidrocarburos fracción media (HFM) e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAP) con los métodos: EPA8015B y EPA 8310, respectivamente. De acuerdo a los resultados obtenidos para HFM, se tiene que 9 muestras de suelo, presentan valores por arriba de los 5 000 mg/kg. Los valores que exceden dicho límite oscilan entre 5 468 y 36 565 mg/kg. Para los resultados del análisis de HAPs, se tiene que hay presencia en 12 de las 20 muestras estudiadas y todas se encuentran dentro de los límites permisibles. El volumen total de suelo que sobrepasa la norma para HFM entre la superficie y 6 m de profundidad fue estimada de 1, 010m<sup>3</sup>.

Los cromatogramas de los 9 puntos de muestreo que exceden los límites máximos permisibles presentan similitud con el diesel intemperizado por lo que se considera que la contaminación del sitio proviene de las operaciones realizadas desde hace varios años y no de épocas recientes.

El volumen total de suelo que sobrepasa la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003 para HFM entre la superficie y 6 m de profundidad es de 1 010 m<sup>3</sup>

Dadas las características del suelo que corresponde a un limo, con muy bajo contenido de materia orgánica, con un contenido de fósforo disponible alto y con un contenido de bacterias de 1 x 10<sup>4</sup> (UFC) se considera posible aplicar una técnica de biorremediación.

SE10-4

**TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA (ERT) EN LA CARACTERIZACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS**

Arrubarrena Moreno Manuel<sup>1</sup>, Arango Galván Claudia<sup>1</sup>,  
 Iturbe Argüelles Rosario<sup>2</sup> y Pérez Casimiro Guillermina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Geomagnetismo y Exploración, Instituto de Geofísica, UNAM*  
<sup>2</sup>*Coordinación de Ingeniería Ambiental, Instituto de Ingeniería, UNAM*  
 marrmor@gmail.com

El presente trabajo trata sobre la caracterización de suelos contaminados por hidrocarburos por medio de la tomografía de resistividad eléctrica. Se evalúa la capacidad del método para detectar las perturbaciones en las propiedades eléctricas del medio debidas a la presencia del contaminante, ya que dependiendo del grado de degradación que tenga el hidrocarburo en el subsuelo, puede variar la respuesta al aplicar el método.

La zona de estudio se ubica al oriente de la ciudad de Puebla, en ella se encontraron hidrocarburos de fracción media (HFM) e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAP). La caracterización de la zona incluyó cinco puntos de muestreo con un equipo neumático a profundidades variables dependiendo de la apreciación visual y organoléptica, entre la superficie y 1.5 m de profundidad en promedio, las muestras fueron analizadas en un laboratorio certificado, basándose en la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT-SS-2003. Con los datos obtenidos de los muestreos se determinó que la zona contaminada se encontraba entre los 0 y 1.3 m de profundidad, con tres de las cinco muestras con una concentración por encima del límite permitido por la norma para suelo agrícola o residencial, una de éstas superó el límite permitido para suelo industrial.

El estudio geofísico consistió en 6 perfiles de tomografía eléctrica de 20 m de longitud cada uno, utilizando un arreglo dipolo-dipolo con separación entre electrodos de 0.5 m y 4 m entre cada perfil, de esta manera se cubrió una zona de 20x20 m, posteriormente se desarrollaron diferentes modelos utilizando dos programas de proceso diferentes en dos y tres dimensiones para determinar la posible pluma contaminante. Dado el contexto geológico de la zona, conformada esencialmente por materiales producto de eventos laháricos, se determinó que el valor de la resistividad del medio sin afectaciones se encontraba por debajo de los 50 ohm-m. Así, las anomalías de resistividad halladas se pudieron asociar a la presencia del contaminante. Una vez obtenidos los modelos tridimensionales se pudieron comparar con los mapas de isoconcentraciones, encontrando un marcado contraste de resistividad en las zonas con altas concentraciones de hidrocarburo, correspondiente a valores mayores a 500 ohm-m. Así mismo, en las zonas donde el muestreo estuvo por debajo del límite de detección los valores de resistividad fueron bajos.

SE10-5

### PROCESOS DE CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD ACUÍFERA EN LOS VALLES CENTRALES DE ETLA, OAXACA

Ramos Leal José Alfredo<sup>1</sup>, Sandoval Montes Ismael<sup>2</sup>, Tapia Felipe Omar<sup>3</sup>, Morán Ramírez Janete<sup>1</sup> y Barrón Romero Luis Ernesto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>IPICYT

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo" A.C.

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

jalfredo@ipicyt.edu.mx

Con el apoyo de un Sistema de Información Geográfica (SIG) se evaluó la vulnerabilidad del acuífero (SINTACS) y la calidad del agua en los Valles Centrales de Oaxaca (México). Las capas SINTACS se prepararon a partir de datos tales como el clima (lluvia y temperatura), profundidad del agua, conductividad hidráulica, geología, tipo de suelo y gradiente topográfico. Mapas de índice calidad del agua (ICA) e índices de contaminación (CI), índice de fuentes de contaminación (IFC) también fueron obtenidos por este trabajo. Los valores altos de vulnerabilidad se encuentran en los valles en donde se encuentran los sedimentos granulares. Los valores bajos de vulnerabilidad se distribuyen en diversas zonas de la cuenca, en donde las rocas metamórficas se encuentran expuestas. Debido a que las zonas con valores altos de vulnerabilidad acuífera corresponden a zonas con mayores índices de IFC, este riesgo es asociado a factores exógenos y endógenos. Tres facies hidrogeoquímicas que corresponden al tipo Ca-HCO<sub>3</sub>, Ca-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> y Ca-SO<sub>4</sub>. Se identificaron principalmente mezcla de aguas y procesos de interacción agua roca e intercambio iónico. La calidad del agua subterránea en los Valles Centrales es afectada por dos factores, uno antropogénico y otro de origen natural.

SE10-6

### EFICIENCIAS DE SISTEMAS DE REMEDIACIÓN ASISTIDOS CON SURFACTANTES: CASO- ESTUDIO APLICANDO LAS TÉCNICAS DE BIODEGRADACIÓN Y LAVADO DE SUELOS EN LA ZONA VADOSA

Sánchez León Eduardo Emilio<sup>1</sup>, Hernández Espriú Antonio<sup>1</sup> y Torres Luis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Hidrogeología, Facultad de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Departamento de Bioprocesos, IPN  
eemiliosl@comunidad.unam.mx

Este trabajo se basa en el estudio de un sitio contaminado que fue afectado por la fuga de 600,000 litros de diesel de un ducto de 16" de diámetro. El hidrocarburo impactó la zona no saturada y un acuífero libre somero formado por depósitos de cenizas volcánicas y tobas litocristalinas del Cuaternario. Considerando la necesidad actual de implementar una remediación integral que permita atacar el problema en su totalidad se analizaron las posibles soluciones para remediar el suelo contaminado y el agua subterránea. Esta investigación se enfoca en el tratamiento de la zona vadosa. El objetivo de esta investigación fue examinar y comparar a nivel de laboratorio las eficiencias de remoción de hidrocarburos totales de petróleo (TPH-diesel) en el suelo contaminado, de dos técnicas de remediación diferentes: (a) lavado de suelos con surfactantes y (b) biodegradación asistida con un estudio de microcosmos. El suelo contaminado fue analizado con el método EPA 3540C (extracción Soxhlet) por triplicado y se determinó una concentración inicial de 32,000 mg/kg de TPH fracción diesel. Las eficiencias de los sistemas de remediación se midieron tomando como parámetro de control TPH-diesel. Para el lavado de suelos se prepararon 17 pruebas con un total de 16 surfactantes de diferente naturaleza: 6 iónicos, 5 no-iónicos, 1 zwitteriónico y 3 naturales, adicionalmente a una prueba se le adicionó exclusivamente agua destilada y fue llamada prueba de calibración alcanzando eficiencias de remoción de 40%. Los surfactantes no-iónicos obtuvieron eficiencias de 20-35% siendo descartados para futuros análisis. Los surfactantes iónicos Marañil-Lab y Salen-SDS removieron el 79 y 60% respectivamente. Los tres biosurfactantes alcanzaron tasas de remoción máximas de ~55%, concluyendo

que para el proceso de lavado de suelos los surfactantes iónicos resultan ser mejores candidatos. En el proceso de biodegradación asistida se estudiaron 5 surfactantes a tres diferentes concentraciones (2, 20 y 200 mg/kg). Los surfactantes fueron Marañil-Lab, Salen-SDS, Brij-35, goma de guar y goma de algarrobo, siendo los dos últimos, naturales y muy poco estudiados en la literatura. Cada microcosmos se incubó por un periodo de tres meses a 28°C y se hicieron los análisis de TPH-diesel para determinar concentraciones finales. Las eficiencias de remoción alcanzadas por Marañil-Lab, Salen-SDS y Brij-35 fueron de 90%, 66% y 55% respectivamente a una concentración de 200 mg/kg. Los biosurfactantes tuvieron un comportamiento favorable, alcanzando remociones de hasta 85% con una dosis de 2 mg/kg. Los resultados obtenidos sugieren que el proceso biológico asistido por biosurfactantes es la mejor opción para remediar la zona vadosa a nivel de campo, alcanzando remociones del 85% en un periodo de tres meses con la ventaja de no afectar al medio físico por ser derivados de productos vegetales.

SE10-7

### MODELO MATEMÁTICO DE DISTRIBUCIÓN Y RECUPERACIÓN DE UNA PLUMA DE HIDROCARBURO NO ACUOSO EN UN ACUÍFERO VOLCÁNICO CONTAMINADO POR DIESEL

Hernández Espriú Antonio y Sánchez León Eduardo Emilio

Grupo de Hidrogeología, Facultad de Ingeniería, UNAM

ahespriu@dictfi.unam.mx

Los hidrocarburos ligeros no acuosos (LNAPL) representan uno de los problemas ambientales más serios en acuíferos contaminados por hidrocarburos de petróleo líquidos, por lo que es esencial su entendimiento como antecedente prioritario para el diseño de la estrategia de remediación. Los objetivos de esta investigación se centran en: (1) caracterizar la saturación vertical de los fluidos en una pluma de LNAPL detectada en un acuífero volcánico de baja conductividad hidráulica (~0.4 m/día, de acuerdo a la interpretación de ensayos slug), (2) simular los procesos de recuperación del producto libre y (3) evaluar la eficiencia primaria de bombeo de las siguientes alternativas: pozo con skimmer, pozo con bombeo dual agua subterránea-LNAPL, pozo con bombeo dual aire en la zona vadosa-LNAPL (Bioslurping) y pozo con bombeo multifásico o de tres fases. En este sentido, se aplicó el modelo analítico API/Charbeneau, basado en las propiedades geológicas y condiciones hidrogeológicas del medio con un enfoque multifásico (aire, agua, LNAPL) de flujo y transporte en la zona vadosa.

El modelo de distribución de LNAPL en el subsuelo permitió establecer que la saturación de hidrocarburo (S<sub>o</sub>) es del orden del 7% en la interfaz aire-LNAPL, con una máxima saturación del 70% que se alcanza justo en la franja capilar. El equilibrio entre las fases agua e hidrocarburo se logra a 1.80 m de profundidad desde la interfaz aire-LNAPL y a partir de esta profundidad, S<sub>o</sub> disminuye en el poro de la ceniza volcánica, y en una proporción similar el contenido de agua aumenta.

El modelo de recuperación muestra un notable aumento en la extracción de producto libre cuando una o más fases se bombean de manera simultánea, además del bombeo en el lente del hidrocarburo. Las eficiencias de recuperación estimadas son del 27, 65, 65 y 66% para las alternativas skimming, Bioslurping, bombeo dual agua-LNAPL y bombeo multifásico, respectivamente. Durante los tres años simulados, los pozos con skimmers y el bombeo multifásico mostraron las tasas de recuperación más bajas y altas. El 75% de las tasas esperadas oscilan de 207 a 163, así como de 2,300 a 700 litros de LNAPL/día, respectivamente. En ninguno de los casos es sostenible prolongar la recuperación del producto libre por más de un año continuo.

A escala de campo, estamos proponiendo una distribución de siete pozos de recuperación, alternando un pozo Bioslurping y un pozo dual agua-LNAPL, que permitiría por un lado maximizar la recuperación de producto libre, y por otro, bombear la pluma disuelta en el acuífero y estimular la biodegradación in-situ del LNAPL residual en la zona vadosa, por la extracción de vacío, lo que ayudaría a remediar integralmente el sitio contaminado. Según la información de los autores de esta investigación, este tipo de arreglo no ha sido documentado previamente en los términos propuestos.

Un cálculo grueso de los costos del sistema de recuperación, incluyendo inversión inicial, equipamiento, operación y mantenimiento durante un año de operación, ha indicado que el costo unitario de recuperación podría oscilar de 6 a 10 usd/litro-LNAPL recuperado.

SE10-8

### DISPERSIÓN DE RESIDUOS MINEROS Y SU INFLUENCIA EN EL RÍO MACONÍ, QUERÉTARO

Santos Jallath José Enrique<sup>1</sup>, Coria Camarillo Jhonatan<sup>2</sup> y Huezto Casillas José<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Goldcorp, Inc. Los Filos

jesantos@dictfi.unam.mx

La mina La Negra se ubica en el estado de Querétaro, México y durante su operación ha generado residuos (jales) que se han almacenando en cinco presas construidas en las inmediaciones de la mina. En tres ocasiones se presentaron incidentes en la operación de las presas cuya consecuencia fue el derrame de jales sobre los cauces de aporte al río Maconí, el cual a su vez, desemboca sobre el río Moctezuma a 5 km aguas abajo. Las condiciones hidrológicas y topográficas del lugar permiten suponer que el derrame de jales, pudo ser atenuado por un fenómeno de dispersión física con el paso del tiempo, evitando la acumulación del residuo en los sedimentos del río. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la dispersión física de los jales derramados sobre el cauce del río Maconí e identificar la existencia de un fenómeno natural de dispersión.

De manera preliminar se hizo un análisis de las condiciones hidrológicas y topográficas del lugar y posteriormente se realizó un muestreo de sedimentos sobre los cauces en los que se ubican las presas de jales. El muestreo abarcó 5 km sobre el río Maconí y se incluyeron cuencas de aporte al río ubicados fuera del área de influencia de las presas. Se practicó un análisis granulométrico a las muestras, se midió el pH, se determinaron concentraciones totales de arsénico, plomo, cadmio, cobre y zinc, y se hicieron extracciones con agua y bicarbonato de sodio para determinar la fracción soluble de estos elementos. En muestras seleccionadas se hizo un análisis por microscopía óptica y difracción de rayos X.

El pH en los sedimentos va de neutros a ligeramente básicos y en las muestras se determinaron especies minerales como arsenopirita, calcopirita, esfalerita y piritita, que son propias de los jales. Las concentraciones más elevadas de arsénico están cerca de las presas de jales y disminuyen gradualmente, en la presa 3 van de 8,681 a 622 mg/kg en una distancia de 780 m y en la presa 5 de 2,719 a 477 mg/kg en una distancia de 950 m. Sobre el río Maconí las concentraciones de arsénico disminuyen y van de 622 a 257 mg/kg. Estos valores, permitieron considerar que efectivamente se presenta un fenómeno de dispersión natural de los jales por arrastre hídrico. En las cuencas muestreadas fuera de la influencia de las presas de jales, la concentración promedio de arsénico fue de 381 mg/kg, lo que sugiere que hay un aporte natural de este elemento en la zona.

La fracción soluble de arsénico en todas las muestras fue inferior a los valores normados para residuos mineros (5 mg/L). En las muestras cercanas a la presa 3 los valores fueron de <0.05 a 0.211 mg/L, mientras que en la presa 5 van de <0.05 a 1.546 mg/L. Sobre el río Maconí, la fracción soluble de arsénico es <0.05 mg/L, a excepción de dos muestras con 0.07 y 0.449 mg/L.

SE10-9

### EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE DIFERENTES ROCAS, PARA EL CONTROL Y MANEJO DEL DRENAJE ÁCIDO, PRODUCIDO POR JALES DE UNA MINA DE HIERRO

Luna Celis Leonel<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

leonellunacelis@yahoo.com.mx

El presente estudio constituye la primera fase para el desarrollo de un tratamiento pasivo del drenaje ácido que se genera en la presa de jales de una mina de hierro localizada en Colima, México.

Se identificaron dos tipos de lixiviados en los jales de estudio (lixiviado 1 con pH = 2.6 y lixiviado 2 con pH = 2.9). En el lixiviado 1 se determinaron las mayores concentraciones (mg/L) de sulfatos = 2844, Ca = 634, Fe = 276, Al = 157, Mg = 93, Mn = 9.4, K = 10.9, Cu = 5.3, Na = 4.1 y Zn = 1.1. En el lixiviado 2 se determinaron las menores concentraciones (mg/L) de sulfatos = 2015, Ca = 520, Fe = 25, Al = 70, Mg = 49, Mn = 4.9, K = 0.5, Cu = 2.9, Na = 1.1 y Zn = 0.4. Ambos lixiviados se caracterizan por la ausencia de elementos tóxicos como As, Ba, Cd, Cr, Hg, Ag, Pb y Se.

Se caracterizaron cuatro tipos de rocas, de los alrededores de la presa de jales, para valorar si pueden ser utilizadas en el tratamiento pasivo del drenaje ácido de los jales estudiados.

El potencial de neutralización (PN) determinado en estas rocas es: PN Roca I = 387 kg CaCO<sub>3</sub>/ton, PN Roca II = 472 kg CaCO<sub>3</sub>/ton, PN Roca III = 335 kg CaCO<sub>3</sub>/ton y PN Roca IV = 166 kg CaCO<sub>3</sub>/ton.

Se realizaron pruebas en lotes para valorar la eficiencia de estas rocas para el tratamiento de los lixiviados ácidos de los jales de estudio. Se utilizó la relación 1:10 (100 ml de los lixiviados ácidos con 10 g de los diferentes tipos de rocas

quebradas y homogenizadas) que se agitaron durante 25 días, siguiendo el protocolo estandarizado ASTM D3987-85.

Los resultados obtenidos indican que en lixiviado 1, tratado, a partir de 4 horas de interacción, las Rocas I, II y III logran neutralizar el lixiviado (pH = 5.5 - 7) durante los 25 días de la prueba. En cambio, la "Roca IV", solamente logra neutralizar el drenaje ácido, a partir de 3 - 4 horas de interacción, en los primeros 15 días de la prueba, porque después pierde su capacidad de neutralización, probablemente porque se agotó, o fue inhibida.

En el lixiviado 2, a partir de 2 horas de interacción, los cuatro tipos de rocas logran neutralizar el pH de los lixiviados hasta valores entre 6 y 7 durante los 25 días de la prueba.

En los lixiviados tratados, con valores de pH cercano al neutro, las concentraciones de Fe, Al, Cu, Zn y Mn decrecen sustancialmente, lo que probablemente se deba a que, a valores de pH neutros, se favorece la precipitación de los óxidos e hidróxidos de estos metales.

Podemos concluir que las rocas I, II y III son las más eficientes para neutralizar el drenaje ácido y retener a los metales como el Fe, Al, Cu, Zn y Mn, cuya precipitación no parece no inhibir su potencial de neutralización.

SE10-10

### ESTUDIO COMPARATIVO DE JALES EN MINAS DE NICARAGUA Y MÉXICO

Corrales Pérez Daniel<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

danielcorralesperez@yahoo.es

Las actividades mineras siguen generando gran cantidad de residuos (jales) en diferentes regiones del mundo. El principal problema ambiental asociado a los jales está relacionado con la generación de drenaje ácido, que son soluciones que se caracterizan por tener valores bajos de pH y altas concentraciones de sulfatos y elementos potencialmente tóxicos (EPTs) disueltos.

Se realizó un estudio geoquímico en jales de tres minas de Nicaragua (Bonanza, La Libertad y El Limón) y una mina de México (Taxco, Guerrero).

Nuestros resultados indican que las concentraciones totales (mg/kg) de los EPTs son relativamente bajas en los jales de Nicaragua (As = 16.1 - 35.2, Pb = 8.9 - 871, Zn = 21.5 - 1060, Cu = 30.9 - 125 y Cd < 5). En cambio en los jales de México se determinaron altas concentraciones totales (mg/kg) de EPTs (As = 1655 - 2377, Pb = 3739 - 4591, Zn = 654 - 3112, Cu = 107 - 157 y Cd = 5.4 - 44.8)

Así mismo, en los jales de Nicaragua, donde se determinaron bajas concentraciones totales de Fe (0.8% - 3.4%), los valores de pH indican que, actualmente, no hay generación de drenaje ácido (pH de los lixiviados = 8.0 - 9.4). Sin embargo, los jales de México, donde se determinaron altas concentraciones totales de Fe (9.6% y 12.7%), los valores de pH de los lixiviados son bajos (pH = 2.8 - 5.4) e indican que son generadores potenciales de drenaje ácido

Los lixiviados ácidos de los jales de México también se caracterizan por contener sulfatos y elementos tóxicos disueltos. Las concentraciones disueltas alcanzan valores máximos hasta de 1930 mg/L de sulfatos, 53.1 mg/L Zn, 16.1 mg/L Fe, 0.9 mg/L Cu, 0.6 mg/L Cd y 0.05 mg/L As. El Pb no fue detectado.

Los resultados obtenidos nos permiten concluir que los jales de México son más peligrosos que los de Nicaragua, por su alto contenido de EPTs y la capacidad de generación de drenaje ácido con EPTs disueltos. Si no se toman medidas para controlar este drenaje ácido, su dispersión puede seguir contaminando los suelos y cuerpos de agua de los alrededores, atentando por ende contra la salud humana de los pobladores que habitan cerca de las presas de jales. Por lo tanto, a raíz de esta situación se procedió a evaluar la eficiencia de las rocas (lutitas calcáreas) que afloran en los alrededores de estos jales para su uso en el tratamiento pasivo de este drenaje ácido.

Datos obtenidos de pruebas en lotes de corto plazo (18 ± 0.25 h), indican que las lutitas calcáreas incrementaron el pH de los lixiviados tratados hasta valores entre 6.5 y 7.4; y también disminuyeron las concentraciones de Fe, Zn, Cu, Cd y As. Actualmente, estamos evaluando la eficiencia de estas rocas con pruebas a largo plazo con el fin de valorar su uso en la construcción de barreras geoquímicas como tratamiento pasivo, con el fin de minimizar el riesgo que representan estos jales para su entorno.

SE10-11

### EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE LA ZONA NORESTE DEL ACUÍFERO SOMERO DEL VALLE DE SAN LUIS POTOSÍ, ASOCIADO AL RIEGO CON AGUA RESIDUAL

Salazar Ledesma Maricarmen<sup>1</sup>, Domínguez Mariani Eloisa<sup>2</sup> y Escolero Fuentes Oscar<sup>3</sup><sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM<sup>2</sup>Centro Interamericano de Recursos del Agua, Facultad de Ingeniería, UAEM<sup>3</sup>Departamento de Geología Regional, Instituto de Geología, UNAM  
marsalled@yahoo.com.mx

En la actualidad, el crecimiento acelerado en las últimas décadas de las zonas urbanas, ha producido un incremento en la demanda de agua potable. Como resultado de este crecimiento, también se generan grandes volúmenes de aguas residuales provenientes de ciudades densamente pobladas, por lo que la disposición final de éstas se convirtió en un problema social que vino a ser resuelto por la reutilización de ésta como un recurso agrícola que fertiliza el suelo y aumenta su producción agrícola.

Uno de los principales problemas que enfrenta la zona conurbada de San Luis Potosí (SLP) – Soledad de Graciano Sánchez (SGS), es la degradación de los recursos hídricos. En esta región se ha desarrollado la práctica histórica desde 1959 de utilizar para la irrigación de los cultivos, el agua residual sin tratamiento generada en la zona urbana. Este efluente es conducido a las zonas agrícolas ubicadas principalmente en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez a través de 18 colectores a cielo abierto y una red de canales secundarios que atraviesan las zonas de cultivo.

El presente estudio tiene la finalidad de determinar el grado de contaminación, de una porción del acuífero somero del Valle de San Luis Potosí, ubicada al noreste de la ciudad del mismo nombre, asociado a la influencia del riego en zonas agrícolas con agua residual proveniente de la zona urbana, así como evaluar la función del medio geológico como filtro de contaminantes. Para ello, en muestras de agua subterránea de norias, y de agua residual en canales de distribución de aguas residuales, se determinaron parámetros de campo como T, pH, CE y alcalinidad total y en el laboratorio parámetros como Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, F<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cd, Cr, Cu, Fe y Pb, así como la presencia de coliformes fecales y totales. También se analizaron perfiles de suelo, en donde se tomaron muestras para análisis de pH, CE, textura, cationes y aniones mayores, CIC, COT y DRX.

El estudio se enfocó en el acuífero somero del valle de San Luis Potosí, conformado por material de origen volcánico (tobas) y depósitos aluviales. Tiene una dirección de flujo subterráneo con orientación SW-NE. El tipo de suelo es xerosol háplico poco desarrollado, lo cual se corroboró con los análisis de laboratorio, que muestran contenidos bajos de materia orgánica y CIC con valores intermedios y bajos.

Las configuraciones correspondientes a los diferentes parámetros analizados, muestran que, para la mayoría de ellos, los valores de concentración más altos aumentan al SW de la zona de estudio, presentándose las máximas concentraciones en los alrededores de la zona urbana de Soledad.

En el caso de los iones NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y F<sup>-</sup>, en el agua subterránea presentan concentraciones que superan la NOM-127-SSA1-1994 para agua potable (62 mg/L y 4.15 mg/L respectivamente como valores promedio).

El modelo hidrogeológico e hidrogeoquímico conceptual y los procesos hidrogeoquímicos que actúan entre el agua residual-medio geológico-agua subterránea se comprobarán mediante el software Phreeqc (USGS, 2010).

SE10-12

### IMPACTO DE LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO EN LA COMPOSICIÓN DEL AGUA DEL ACUÍFERO PROFUNDO EN EL VALLE DE SAN LUIS POTOSÍ

López Álvarez Briseida, Ramos Leal José Alfredo, Morán Ramírez Janete, Martínez Villegas Nadia y Reyes Gutiérrez Lázaro Raymundo

IPICYT

briseida.lopez@ipicyt.edu.mx

El agua subterránea representa un recurso indispensable y único en muchos lugares como son las zonas áridas, tal es el caso del Valle de San Luis Potosí (VSLP). El crecimiento social y económico (industria y agricultura) de la ciudad de SLP han dependido desde sus inicios de éste recurso, sin embargo, han generado efectos negativos en la cantidad y calidad del agua del acuífero (Hergt, 2009). El VSLP ha experimentado grandes cambios de uso de suelo desde su fundación en la zona urbana (Noyola et al., 2009).

El desarrollo y concentración de pozos en la zona urbana (centro del valle) y conurbada han generado un gran cono de abatimiento que ha crecido considerablemente, llegando hasta la zona industrial (sur del valle). Esta extracción intensiva de agua subterránea para sus diferentes usos, ha propiciado además, modificación en las direcciones de flujos subterráneos y cambios en la composición química del agua, reducción de las descargas naturales, subsidencia y fisuras del terreno.

La composición química del agua subterránea es controlada por factores naturales tales como el clima, su interacción con el medio geológico (interacción agua-roca) y el tiempo de residencia. Los factores antropogénicos involucran a las fuentes potenciales de contaminación como rellenos sanitarios, tiraderos a cielo abierto, descarga de aguas residuales, por mencionar algunos; tipo de uso de suelo; manejo y uso del agua.

Con datos hidrogeoquímicos se elaboraron secciones hidrogeoquímicas, diagramas de Piper, Durov expandido, de Dispersión y distribución espacial. Como parte de los resultados obtenidos, identificarse aguas cuya composición son controladas principalmente por factores naturales (interacción agua-roca) y otras cuya composición es afectada por actividades antropogénicas (uso de suelo). Parámetros como la temperatura, Li, F, Na y Mg se asocian directamente procesos naturales (acuífero profundo), mientras que Cl, pH, NO<sub>3</sub> y CE principalmente, son asociados procesos antropogénicos (acuífero somero).

La calidad del acuífero somero no es apta para el consumo humano, como resultado de las actividades humanas. El acuífero fracturado tiene un impacto menor, sin embargo, debido a la presencia del cono de abatimiento en este lugar no muy lejano, los contaminantes migraran a mayor velocidad y podrían estar presentes en esta reserva acuífera y por lo tanto se obtendrá una agua de menor calidad.

SE10-13

### EL PAPEL DEL PERITO EN LOS CASOS DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO Y AGUA SUBTERRÁNEA

Pablo Dorantes Jesús Enrique

Corporación Ambiental de México, S.A. de C.V.

jepablod@cam-mx.com

A partir de la tipificación de los delitos contra el ambiente y la gestión ambiental, en el Título Vigésimo Quinto del Código Penal Federal (CPF) de los Estados Unidos Mexicanos, y dado que en todo caso la valoración por parte del juez, se apoyará en dictámenes de peritos, cobra particular importancia el papel de dichos expertos en los casos de contaminación del suelo y del agua subterránea.

Por otro lado, la gran mayoría de los egresados de las diferentes carreras universitarias carecen de interés por afiliarse a los colegios de profesionistas, lo que resulta en una baja presencia de tales organizaciones en el quehacer nacional. Es lamentable que la conciencia social que muestra un estudiante universitario, se pierda o se olvide al momento de que el estudiante se titula y se convierte en un practicante de su ejercicio profesional.

Estos dos temas, brevemente reseñados, se combinan de forma desastrosa cuando se reconoce que la figura del Perito es apuntalada por la Ley Reglamentaria del Artículo 5° Constitucional, misma que en su artículo 50 señala que los colegios de profesionistas tendrán entre sus funciones la de formar listas de peritos profesionales, por especialidades, que serán las únicas que sirvan oficialmente. En consecuencia, es común que ante la poca afiliación que sufren tales agrupaciones, éstas no cuenten entre sus filas a los mejores expertos en el tema que nos atañe o bien, no difundan las listas de forma que sean conocidas a nivel nacional.

En este sentido, es común que ante la carencia de listas de peritos por especialidad, los jueces recurran a investiduras a título personal o bien acudan a recomendaciones de las dependencias gubernamentales vinculadas al tema ambiental. En algunos casos, tales investiduras pueden calificarse de inadecuadas.

Lo anterior pasa de ser anecdótico y se convierte en relevante, cuando se adquiere conciencia, por parte del experto consultado, de la diferencia de las penas corporales en la comisión de delitos culposos y dolosos. Existen casos en los que opiniones poco precisas, emitidas sin una base ética y legal, determinan un agravamiento de penas a los inculpados.

Conforme a lo anterior, es común que los expertos consultados no tengan conciencia de la responsabilidad que asumen al momento de emitir su opinión profesional, ya sea como un dictamen pericial o un informe pericial.

Finalmente, es necesario un mayor involucramiento de los expertos que realizan estudios de caracterización y/o restauración de sitios contaminados, y que son consultados en procesos judiciales, de tal forma que se tome conciencia sobre su papel social a través de los colegios de profesionistas; pues éstos, apoyados en la exigencia de capacitación y estricto apego a códigos de ética, obligan a todos sus afiliados a ejercer con un alto desempeño moral y profesional.

SE10-14

### PROPUESTA DE ASPECTOS A MEJORAR DURANTE EL DESARROLLO DE UN PROYECTO DE BIORREMEDIACIÓN

Iturbe Argüelles Rosario, Corona Ramírez Lilia y López Olvera Jessica

Instituto de Ingeniería, UNAM

ria@pumas.iingen.unam.mx

En este trabajo se llevo a cabo el saneamiento de un sitio al norte de Tabasco, con 27 000 m<sup>3</sup> de suelo contaminado con hidrocarburos fracción pesada (HFP).

Se aplicó una técnica de biorremediación con Biopilas, construyéndose 14 de éstas con un volumen de 1 600 m<sup>3</sup> cada una, se monitorearon mensualmente entre 1 y 9 meses, en los que se obtuvieron niveles de HFP por debajo de lo establecido en la norma NOM-138-SEMARNAT/SS-2003 para suelos de uso industrial.

Independientemente de los buenos resultados obtenidos, se considera que hubo aspectos administrativos que en ocasiones obstaculizaron el desarrollo del proyecto y aspectos técnicos y de investigación que no se realizaron y que habrían enriquecido el trabajo. A continuación se presentan ambos aspectos.

#### Administrativa

- El tiempo designado para la aprobación del convenio es muy largo y restringe el tiempo para concluir en tiempo y forma el proyecto
- Complicado proceso administrativo para gestionar los pagos durante el proyecto
- El retraso para los muestreos de las biopilas, debido a la restricción de la normatividad que no permite que el remediador realice los muestreos
- Disminuir las restricciones establecidas por el patrocinador para facilitar el trabajo en el sitio
- Convenir una mejor distribución del presupuesto otorgado para el proyecto entre la UNAM, el Instituto de Ingeniería y el responsable del proyecto, lo que ocasiona mayores montos del presupuesto requerido y nos saca del mercado competitivo
- Hacer más eficientes los trámites administrativos relacionados a los concursos de licitación para la selección de proveedores, ya que consume mucho tiempo del total del proyecto.

#### Técnicos

- Realizar pruebas de biodegradabilidad del contaminante a lo largo del proyecto
- Obtener mayor información del acuífero y realización de pruebas de trazadores para conocer la dirección de flujo con precisión
- Realizar pruebas para determinar si hay contaminación en otros cuerpos de agua que tengan conexión con el acuífero contaminado
- Mayor protección superficial de las biopilas, por medio de una capa de grava, para evitar la erosión por lluvia
- Calcular la cinética de degradación bacteriana del contaminante durante todo el tratamiento
- Aplicación de biología molecular como método de identificación de bacterias en todo el tratamiento
- Medición de oxígeno in situ para determinar la actividad microbiana e indirectamente calcular la biodegradación
- Seguimiento a la par con los muestreos, de la actividad microbiana mediante pruebas de respirometría en el laboratorio
- Monitorear la degradación anaerobia, el pH y REDOX en las biopilas y en la zona saturada, para determinar su correlación con la biodegradación
- Llevar un registro controlado de documentación bajo un sistema de calidad
- Promover el ahorro de recursos en la entrega de informes de manera digital
- Utilizar sistemas de información geográfica para este tipo de proyectos.

Disminuir la burocracia administrativa y trabajar de manera lo más interdisciplinaria posible permitirá obtener resultados más completos que ayudarán a entender la forma de biorremediación en cada caso específico y a mejorar las técnicas de remediación en proyectos futuros.

SE10-15

### GEOQUÍMICA DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA CUENCA DE SAN JUAN DE LOS PLANES Y DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA DE LA BAHÍA LA VENTANA, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Posada Ayala Ivonne<sup>1</sup>, Murillo Jiménez Janette<sup>1</sup>, Nava Sánchez Enrique<sup>1</sup>,  
Choumiline Euvgenio<sup>1</sup>, Mirlean Nicolai<sup>2</sup> y Choumiline Konstantin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

<sup>2</sup>Laboratorio de Oceanografía Geológica, Instituto de Oceanografía,  
Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil  
ivonnehaide@gmail.com

El distrito minero El Triunfo-San Antonio, históricamente ha sido explotado desde hace aproximadamente 200 años por sus metales preciosos de oro y plata. Estos minerales se encuentran en vetas epitermales con alto contenido en sulfuros como la pirita (FeS<sub>2</sub>), arsenopirita (FeAsS), esfalerita (ZnS) y galena (PbS). Trabajos anteriores, realizados en sedimentos superficiales del distrito minero, reportan la presencia de un alto contenido de As, Cd, Pb y Zn, elementos que actualmente están sujetos a procesos de intemperismo, erosión y lixiviación, siendo transportados vía fluvial desde el parteaguas que divide la Cuenca de San Juan de los Planes (San Antonio) y la Cuenca El Carrizal (El Triunfo) hacia la zona costera alejando a cada cuenca en el Golfo de California y el

Océano Pacífico, respectivamente. El objetivo de este estudio es conocer la geoquímica de la Cuenca de San Juan de Los Planes evaluando los niveles de As, Cd, Cu, Hg, Pb y Zn, en sedimentos superficiales colectados en arroyos ubicados en áreas impactadas por la actividad minera y zonas adyacentes. Las concentraciones se determinaron por análisis de espectrofotometría de absorción atómica (EAA). Se determinó el índice de geoacumulación (Igeo) propuesto por Müller (1979) para determinar el grado de contaminación del área de estudio. Se determinaron los parámetros texturales del sedimento por las técnicas de tamizado y difracción de rayos laser. Los resultados muestran que las concentraciones promedio de elementos en sedimentos fluviales del arroyo principal (San Antonio) y arroyos adyacentes respectivamente son en mg kg<sup>-1</sup>: As (729 y 6303), Cd (1.2 y 1.7), Cu (20 y 30), Hg (8.4x10<sup>-3</sup> y 1.4x10<sup>-2</sup>), Pb (87 y 220) y Zn (45 y 39). Las concentraciones de elementos en sedimentos marinos son en mg kg<sup>-1</sup>: As (1.7), Cd (1), Cu (3), Hg (7x10<sup>-3</sup>), Pb (7) y Zn (21). El Igeo para sedimento fluvial fue Pb > As > Cu > Zn > Hg > Cd. El Igeo para los sedimentos marinos, fue Zn > Pb > As > Cu > Cd > Hg. Se encontró concentraciones mayores a los de la corteza de As, Cu, Pb y Zn en los sedimentos fluviales y de Zn y Pb en sedimentos marinos. De acuerdo a la ubicación, en un diagrama ternario (gravas-arenas-limos), del tamaño medio de las distribuciones texturales de las muestras fluviales y marinas, se encuentra que en ambos ambientes, dominan los tamaños de arena con tendencia hacia las gravas.

SE10-16

### MERCURIO TOTAL EN CULTIVOS AGRÍCOLAS DE TEMPORAL EN SAN JOAQUÍN, QRO.

Solis Valdez Sara, Hernández Silva Gilberto y Pérez Arvizu Ofelia  
Centro de Geociencias, UNAM  
sarasoli@geociencias.unam.mx

La zona minera de San Joaquín, Qro., posee una rica histórica minera, desde épocas prehispánicas hasta la actualidad, especialmente en lo que se refiere a la extracción de mercurio, esta actividad ha provocado la acumulación de desechos mineros expuestos al ambiente y de composición química variada. Sin embargo, no se conoce la concentración de mercurio en los distintos compartimentos del sistema terrestre de la zona, ni los procesos biogeoquímicos que se llevan a cabo y que puedan influir en la salud pública. Recientemente, Hernández et al., (2010) mostraron el mapa de distribución de mercurio en los suelos de la zona. En suelos con contenidos diversos de elementos químicos, los vegetales son capaces de absorberlos aún cuando no participen en una función metabólica específica, como el caso del mercurio, y pueden llegar a ser tóxicos cuando su concentración rebasa ciertos intervalos (Peralta et al., 2009). Asumiendo que el suelo de la región ha funcionado como sitio de almacenamiento y transferencia de mercurio hacia otros niveles del ecosistema se planteó como objetivo cuantificar el contenido de mercurio en cultivos agrícolas de consumo humano como el maíz. Para ello, se ubicaron las parcelas agrícolas de temporal en el área de estudio; se tomaron ejemplares completos de maíz que se fraccionaron, atendiendo a su estructura (raíz, tallo, hoja, fruto). Cada fracción fue lavada con ácido nítrico diluido, enjuagada con agua desionizada, secada a temperatura ambiente a la sombra, molida en mortero de ágata y tamizada hasta obtener un tamaño de partícula menor a 0.13 mm. El método analítico consistió en digestión ácida en horno de microondas y lectura de contenido de mercurio en ICP-MS. A los resultados obtenidos se le aplicó tratamiento estadístico simple. Se encontraron altos contenidos de mercurio total especialmente en raíces y granos. Se observó que los suelos de la zona presentan concentraciones variables de mercurio, por lo que el posible ingreso al maíz puede provenir de dos fuentes principales: a) el suelo, b) deposición atmosférica. En ausencia de exposiciones directas de metales pesados, los elementos tóxicos representan un peligro para la población humana debido a las conexiones de la cadena trófica como suelo y aire con los humanos. La acumulación de metales tóxicos en cultivos de cosecha representan la principal entrada de estos elementos para humanos y animales (Patra et al., 2004). Estudios de esta naturaleza deben continuarse a fin de establecer la relación entre el contenido de metales pesados tóxicos en el ambiente y su ingreso a la cadena alimenticia así como su incorporación por esta vía a la población humana circundante.

SE10-17

### ESTUDIO COMPARATIVO DE LA BIOACCESIBILIDAD DE ELEMENTOS TÓXICOS EN SUELOS CONTAMINADOS EN TRES DIFERENTES ZONAS DE MÉXICO: ZONA MINERA, ZONA METALÚRGICA Y ZONA URBANA

Miranda María Isadora<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

maria.isadora.miranda@gmail.com

Un suelo se considera contaminado con elementos tóxicos cuando las concentraciones totales superan las concentraciones de fondo o las concentraciones de referencia, dictadas por las autoridades ambientales. Sin embargo, cuando un suelo está contaminado no necesariamente implica

que exista un peligro para la salud humana; ya que se requiere que los contaminantes estén en formas minerales disponibles, lo que depende de su solubilidad, para ser absorbidos por los humanos (bioaccesibilidad).

Se estudiaron 30 muestras de suelos en una zona minera y una zona metalúrgica en San Luis Potosí, y una zona de la ciudad de México (zona urbana). Se determinaron las concentraciones total y bioaccesible de arsénico (As) y plomo (Pb). La concentración bioaccesible se determinó utilizando el método de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004; que consiste en determinar la concentración del As y Pb extraídos en una fase que simula las condiciones estomacales (pH = 1.5), con una solución preparada con HCl y glicina a 37°C.

En los suelos de la zona metalúrgica se determinaron los mayores valores de mediana de concentraciones totales de As (847 mg/kg) y Pb (1629 mg/kg) mientras que en la zona minera la mediana de las concentraciones totales (mg/kg) fueron: As = 88 y Pb = 749. En los suelos de la zona urbana no se detectó As, y la mediana de las concentraciones totales de Pb fue baja (227 mg/kg).

En la zona metalúrgica los suelos están afectados por polvos del proceso pirometalúrgico donde el Pb y el As están asociados a minerales como anglesita (PbSO<sub>4</sub>), galena (PbS), arsenolita (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y arseniatis de plomo (Pb<sub>3</sub>K<sub>2</sub>(AsO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)). En la zona minera, los suelos están afectados por la dispersión de jales donde el Pb y As están asociados a los oxihidróxidos de Fe y en menor proporción a la anglesita (PbSO<sub>4</sub>), en el caso del plomo. Finalmente, se ha reportado que en la zona urbana los suelos han sido afectados por las emisiones de los vehículos que en el pasado utilizaban gasolina con plomo en forma de tetraetil de plomo

(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>Pb).

Nuestros resultados indican que la bioaccesibilidad del Pb y As varía en un amplio intervalo en los suelos estudiados. En la zona metalúrgica la bioaccesibilidad del Pb varía entre 3% y 100%, en la zona minera entre 32% y 100% y en la zona urbana entre 0% y 100%. En cuanto al As, la bioaccesibilidad varía entre 16% y 67% en la zona metalúrgica y en la zona minera entre 0% y 53%.

Aunque es ampliamente aceptado que la bioaccesibilidad de los contaminantes depende de la solubilidad de los minerales a las que están asociados, la gran variabilidad de los valores de la bioaccesibilidad en los suelos de las tres zonas estudiadas (donde el Pb y As están asociados a minerales con diferente solubilidad) destaca la importancia de determinar este parámetro para la evaluación del riesgo a la salud y no inferirlo a través de las fases minerales que contienen a estos contaminantes como ha sido sugerido en guías ambientales de diferentes países.

SE10-18

### ESTRATEGIA DE REMEDIACIÓN ÓPTIMA DEL AGUA SUBTERRÁNEA PARA UN ACUÍFERO CONTAMINADO CON CR(VI). EL ACUÍFERO DE BUENAVISTA, LEÓN GUANAJUATO, MÉXICO

Reyes Gutiérrez Lázaro Raymundo<sup>1</sup>, Reyes Gutiérrez Lázaro Raymundo<sup>1</sup>, Rodríguez Castillo Ramiro<sup>2</sup>, Romero Guzmán Elizabeth T.<sup>3</sup> y Ramos Leal José Alfredo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IPICYT

<sup>2</sup>IGF, UNAM

<sup>3</sup>ININ

raymundo.reyes@ipicyt.edu.mx

El acuífero somero de Buenavista, en León (Guanajuato), está contaminado con cromo hexavalente, Cr(VI). Las aproximaciones del tratamiento convencional del agua subterránea como el bombeo y el tratamiento ex situ se han usado para referirse a este problema. Se diseñó un esquema de bombeo y tratamiento (ByT) para remediar éste problema seleccionando los sitios, número de pozos y caudales de bombeo más apropiados para el sistema. En este estudio, el sistema de ByT se ha diseñado mediante la aproximación matemática simulación-optimización (S/O), combinando la función respuesta con un algoritmo genético (AG), para un sólo periodo de planeación, que determine un diseño óptimo de remediación. El objetivo es capturar y reducir la concentración de Cr(VI) en el agua subterránea. Para la aproximación simulación-optimización, se emplearon los modelos MODFLOW y MT3D para simular el flujo del agua subterránea y el transporte de contaminantes, y el AG, se aplicó para optimizar el número y sitios de pozos de bombeo para aplicar el método de ByT. El diseño óptimo de remediación se determinó utilizando una función objetivo: minimizar el bombeo total para la estrategia de remediación incluyendo la variable binaria del estado de los pozos on/off. Los resultados revelan que cinco pozos son necesarios con un caudal de extracción total de 10,326 m<sup>3</sup>/d. Los resultados también indican que la pluma se ha contenido en el espacio optimizado, reviniendo la migración gradiente debajo de la fuente y reduciendo las concentraciones de Cr(VI) en el área afectada.

SE10-19

### DISPERSIÓN DE SALES EFLORESCENTES A PARTIR DE JALES, SU IMPACTO EN SUELOS RESIDENCIALES DE NACCOZARI, SONORA Y PROPUESTA PARA ESTABILIZACIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL

Meza Figueroa Diana<sup>1</sup>, De la O Villanueva Margarita<sup>1</sup>,  
Moreno Zazueta Alan<sup>2</sup> y Rivera Castelo Jacinto<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora  
dmeza@ciencias.uson.mx

La operación y explotación de la antigua mina Pilares y su posterior cese de actividades en 1945 dejó como pasivo ambiental cerca de 19 hectáreas de superficie de jales dentro de la ciudad de Nacoziari, Sonora. Los jales carecen de vegetación y se forman sales eflorescentes estacionales. En este trabajo se presentan niveles de metales en jales, sales, suelos, polvo de calle, suelos residenciales y polvos suspendidos. Se presentan datos para discutir el efecto del clima en la dispersión de contaminantes en zonas semi-áridas. Análisis geoquímicos del sitio revelan que aunque el contenido total de metales en los jales es relativamente bajo (e.g. Cu=1000 mg kg<sup>-1</sup>), metales como Mn, Ba, Zn y Cu se encuentran en niveles significativamente elevados en las sales eflorescentes formadas después de la temporada de lluvias. Por ejemplo, los valores de cobre se incrementan hasta 68 000 mg kg<sup>-1</sup>. Estas sales con granulometrías finas son susceptibles de erosión eólica e hídrica. Se realizó un estudio de análisis de componentes principales, cluster y factorial para determinar la dispersión de las sales a los suelos residenciales. Estos resultados señalan la importancia de formación de sales y erosión eólica en la determinación de los niveles de riesgos asociados a la inhalación potencial o ingestión de partículas transportadas por viento a partir de jales. Aún en jales con bajos niveles de metales, en zonas áridas, la presencia de sales eflorescentes representa un riesgo a la salud y un reto para el establecimiento de cubiertas vegetativas. Adicionalmente, la erosión de los jales de Nacoziari ha generado un problema de inestabilidad de taludes. En este trabajo se propone un diseño para estabilizar los jales que incluye medidas para reducir la erosión hídrica y fitoestabilización utilizando plantas nativas.

SE10-20

### ESPECIACIÓN QUÍMICA Y PROCEDENCIA DE METALES TÓXICOS EN EL SEDIMENTO DEL LAGO DE CHAPALA, MÉXICO

Trujillo Cárdenas Juan Luis, Saucedo Torres Nereida P.,  
Zárate del Valle Pedro F., Ríos Donato Nely, Gómez Salazar  
Sergio, Badillo Camacho Jessica y Mendizabal Mijares Eduardo  
Universidad de Guadalajara  
zavp.pvaz@gmail.com

La especiación química de Cd, Pb, Mn, Cr, Zn, Ni, Cu y Fe, fue estudiada en los sedimentos someros (0-10 cm = periodo 1960-2000; 210Pb) del lago de Chapala mediante la técnica analítica de extracción secuencial (ES), para evaluar así la movilidad de los metales potencialmente biotóxicos y para esclarecer su procedencia: natural o antropogénica. La ES es un método analítico que permite determinar la distribución de los metales en ciertas fracciones geoquímicas (FGq) presentes en suelos y sedimentos. Estas FGq son CINCO: 1) Fracción intercambiable (Fi: con adsorción débil); 2) Fracción asociada a carbonatos (FCO3); 3) Fracción asociada a óxidos de Fe y Mn (Fox); 4) Fracción asociada a materia orgánica (Fmog); 5) Fracción residual (Fsiad: asociada a la matriz silicoaluminatada).

El estudio del contenido de plomo total en la Cuenca Lerma-Chapala ha demostrado que los sedimentos en suspensión actúan como vectores de transporte de Cd, Cr, Ni, Cu, Pb, Zn a lo largo del río Lerma (> 500 km), teniendo al Lago de Chapala como el destino final para estos metales tóxicos. Los sedimentos del Lago de Chapala son de granulometría limosa y de tonalidad oscura, con una mediana granulométrica de 5 a 20 micrómetros de diámetro.

En este estudio para el periodo 1960-2000 (210Pb) se detectó un contenido de 268,8 mg/kg de plomo total distribuido en las siguientes fracciones geoquímicas del sedimento somero: ~43% estuvo presente tanto en la Fi como en la FCO3. Esto significa que 115,6 mg/kg de este metal son de origen antropogénico. Con el mismo criterio, en los casos del cromo y del cadmio, 20,9 mg/kg Cr (46,7% = Fi + FCO3; Cr total 44,7 mg/kg) y 12,3 mg/kg Cd (82% = Fi + FCO3; Cd total 14,98 mg/kg) se introdujeron en el lago como consecuencia también de actividades antropogénicas. El cadmio fue introducido en el lago principalmente a través del río Lerma, mientras que el plomo y el cromo se introdujeron a través de las descargas municipales e industriales de aguas residuales sin tratamiento de las ciudades situadas a lo largo de la ribera del lago.

La movilidad de los metales detectados en los sedimentos, se evaluó mediante la aplicación del Código de Evaluación de Riesgo (CER). Este código evalúa la capacidad de liberación o desprendimiento de un metal de la fracción geoquímica en la que se encuentra. Sin embargo, para que esta liberación se realice deberán de conjuntarse en el ecosistema cambios físicos y químicos como pH, temperatura, concentración, etc. De realizarse esta liberación, se contaminaría la columna de agua. Según este CER por estar del 39-63% del

plomo, 86-89% del cadmio y 47-62% de cromo presentes en las fracciones geoquímicas Fi y FCO3, estos metales representan un riesgo muy alto de liberación. Cu, Ni y Zn representan un riesgo bajo de liberación por estar presentes sobre todo en las fracciones Fox, Fmg y Fsi. Los resultados de la ES para el Cu, Ni, Zn y Fe indican principalmente una procedencia natural para estos metales.

SE10-21

**CONEXIONES HIDRÁULICAS DE CUENCAS  
HIDROGEOLOGICAS EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL  
APLICANDO MODELOS HIDROGEOQUÍMICOS**

Morán Ramírez Janete, Ramos Leal José Alfredo, López Álvarez Briseida, Martínez Villegas Nadia, Reyes Gutiérrez Lázaro Raymundo y Carranco Lozada Simón

IPICYT

janete.moran@ipicyt.edu.mx

La disponibilidad del agua subterránea; como todo recurso natural, depende de las condiciones climáticas y topográficas de la zona, y de las características físicas del subsuelo.

La zona de la Huasteca se encuentra en la parte central de la Sierra Madre Oriental, es formada principalmente por calizas plegadas con orientación norte-sur, formando valles-inter montanos. En general poco se conoce sobre el funcionamiento hidrodinámico del sistema cárstico, debido a que estos son difíciles de estudiar por las condiciones abruptas del terreno y la excesiva vegetación; así como, a la ausencia de pozos de extracción para su estudio. Esta región es considerada como parte de la zona de descarga de la Sierra Madre Oriental. A nivel regional el flujo va de las áreas de mayor elevación topográfica localizadas en la Sierra de Álvarez (2423 msnm) a las de menor elevación hacia el Golfo de México. Un perfil topográfico de Oeste a Este muestra un sistema montañoso escalonado en donde el primer escalón es denominado Altiplano Potosino, el segundo se conoce como Zona Media y el último corresponde a la Zona de la Huasteca.

En la zona del Altiplano el agua circula a través de rocas ígneas y clásticas del terciario; el basamento hidrogeológico es formado por calizas de cuenca y mar abierto con bajas conductividades hidráulicas. Sin embargo, debido a los cambios de facie de las rocas carbonatadas a partir de la Sierra de Álvarez el agua subterránea circula a través de calizas arrecifales hacia el Golfo de México. Esta zona de recarga con mayor elevación corresponde a tipo Ca-HCO3.

La zona media se encuentra en el segundo escalón comprende el Valle de Rioverde donde su geología predominan las calizas de plataforma y algunos depósitos evaporíticos que le dan las características de CaSO4 y Ca-HCO3-SO4.

La zona de la Huasteca se distribuye en el tercer escalón en donde prevalecen calizas arrecifales cubiertas por una secuencia de lutitas y areniscas finas, en donde, prevalecen familias de agua de tipo Ca-HCO3.

En este trabajo se realiza modelación hidrogeoquímica (balance de masas) para demostrar la conexión hidráulica, identificar los procesos físico-químicos que ocurren en la interacción agua-roca que definen la evolución química del agua subterránea. En el proceso evolutivo del agua subterránea ocurren procesos de: disolución y precipitación de minerales (calcita, yeso, halita, dolomita, hematita, pirita) procesos de oxido-reducción y dilución de estas aguas.

SE10-22

**SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA  
DE LAS PLAYAS DE ACAPULCO, GRO.**

Ramírez Isabel<sup>1</sup>, Morales Rubén<sup>2</sup>, Vélez Héctor<sup>3</sup>, Saldaña Pilar<sup>2</sup> y Izurieta Jorge<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CICESE

<sup>2</sup>IMTA

<sup>3</sup>UAM

iramirez@cicese.mx

La Bahía de Acapulco es una zona turística relevante para México. La cantidad de habitantes temporales duplica en muchas ocasiones la población local. Esto nos lleva a un escenario de contaminación por aguas residuales lejos de ser un escenario estacionario, por lo contrario con una variación diaria y estacional marcadas. Para conocer la dinámica de la dispersión de aguas residuales vertidas en la bahía por dos plantas de tratamiento y su efecto sobre la bahía de Acapulco y zonas turísticas, se realizaron mediciones de los forzamientos ambientales y corrientes en la zona de Acapulco. Se selecciono el modelo hidrodinámico tridimensional ELCOM, el cual puede ser acoplado con el modelo de calidad del agua CAEDYM. El uso de estos dos modelos acoplados nos proporcionan los resultados de dispersión, que definen las aéreas contaminadas y sus fuentes.

Se presentan comparaciones de los resultados de la simulación y las mediciones realizadas para corrientes y calidad del agua. Finalmente se presentan escenarios de emergencia simulados de la distribución de contaminantes.

Se concluye que las aguas vertidas por las plantas de tratamiento, no llegan a la Bahía, sin embargo existe contaminación en la bahía por fuentes locales, posiblemente descargas clandestinas y afluentes de pequeños arroyos temporales.

SE10-23

**EVALUACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS SEDIMENTOS  
SUPERFICIALES CON INFLUENCIA HIDROTHERMAL  
SOMERA EN MAPACHITOS, BAHÍA CONCEPCION, B.C.S.**

Leal Acosta María Luisa<sup>1</sup>, Choumiline Evgueni<sup>1</sup> y Mirlean Nicolai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

<sup>2</sup>Laboratorio de Oceanografía Geológica, Instituto de Oceanografía,

Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil

maluleal40@yahoo.com.mx

En la costa nor-occidental de Bahía Concepción frente a Mapachitos se reportó la existencia de las descargas de fluidos gaso-hidrotermales submarinos someros de baja temperatura con elevadas concentraciones de los elementos traza disueltos, tales como As, Ba, Cs, Hg, Fe y Mn. El propósito de nuestro estudio fue conocer la influencia de estas ventilas hidrotermales sobre la composición química de los sedimentos superficiales de la zona adyacente.

Mediante el buceo autónomo y con la draga de van Veen se tomaron 51 muestra de sedimentos en un polígono rectangular adyacente a las salidas gaso-hidrotermales. Estos fueron secados y homogenizados. Se determinaron las concentraciones de Al, Ba, Ca, Cd, Co, Cs, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Rb, Ti, U, V y Zn por la combinación de los métodos de ICP-AES y ICP-MS después de la digestión total de las submuestras de los sedimentos con la mezcla de los ácidos fuertes concentrados (HNO3, HCl, HClO4 y HF). El As y Hg se midieron por espectrofotometría de absorción atómica después de la generación de hidruros del arsénico o del mercurio elemental. Los contenidos del carbono inorgánico y carbono orgánico fueron medidos, aplicando la coulometría y espectrofotometría infrarroja.

Los sedimentos, cercanos a las ventilas gaso-hidrotermales, se caracterizan por alto componente terrígeno (Al >7 %) y bajos valores de componente biogénico (CaCO3 <10 %). La concentración de CaCO3 aumenta hasta 90% hacia mayores profundidades. El contenido del Corg en los sedimentos, colectados cerca de las ventilas, es menor de 0.5 % y en general en los sedimentos estudiados es bastante bajo (<2%, con pocas excepciones). Los sedimentos de la zona de la descarga gaso-hidrotermal se encuentran con alta concentración de As (207.4 mg kg-1); y Hg (143062 µg kg-1) mucho por arriba del promedio de la corteza continental. Al, Ba, Co, Cs, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Rb, Ti, U, V y Zn se encuentra con valores menores a los de la corteza. Los factores de enriquecimiento (FE) promedios se calcularon usando Al como elemento normalizador, muestran a Ba, Co, Cs, Cu, Mn, Ni, Rb, Ti, V y Zn como elementos conservativos (FE < 2), Li, Mo y U como elementos enriquecidos (2 < FE < 10), y As, Ca, Cd y Hg como elementos altamente enriquecidos (FE > 10).

Los resultados del análisis de los componentes principales (ACP) revelan que tres factores explican el 91% de la varianza de los datos. El primer factor muestra altas cargas positivas para los elementos de origen terrígeno y CaCO3 con carga alta negativa (diluyente del origen biogénico). El segundo factor revela altos cargos para los elementos redox sensibles. El tercer factor agrupa a As, Ba, Fe, Hg y otros probablemente aportados hacia el fondo desde las ventilas y plumas hidrotermales.

SE10-24

**CLASIFICACIÓN LOCAL DE TIERRAS PARA LA  
CARTOGRAFÍA DE SUELOS SALINOS REGADOS CON AGUAS  
RESIDUALES EN TEOLOYUCAN, ESTADO DE MÉXICO**

Reséndiz Paz María de la Luz<sup>1</sup>, Gutiérrez Castorena María

del Carmen<sup>1</sup>, Ortiz Solorio Carlos<sup>1</sup>, Aguirre Gómez Arturo<sup>2</sup>,

Gutiérrez Castorena Edgar V.<sup>1</sup> y Sánchez Guzmán Patricio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados

<sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

mclrp@yahoo.com.mx

Teoloyucan es un municipio donde el 70% del territorio es agrícola; el principal cultivo son los forrajes y se utilizan para alimentar ganado vacuno. Los campesinos reportan que el principal problema en sus suelos es la presencia de sales, posiblemente debido al riego con aguas residuales. Las sales reducen la productividad de los forrajes y la emergencia de plántulas; sin embargo, se desconoce la superficie que ocupan los suelos con este problema en la zona. Los objetivos de esta investigación fueron: realizar un levantamiento de suelos con base en el conocimiento local, conocer la superficie y ubicación de los suelos salinos y analizar la calidad de las aguas residuales. Los suelos del área han sido clasificados como vertisoles; aunque los campesinos mencionan que muchos han sido rellenados con materiales de diversa naturaleza, en cuyo caso serían antrosols. Se realizó un levantamiento de suelos con base en el conocimiento local con la metodología propuesta por Ortiz et al. (1990) y se



utilizó para ubicar los perfiles de suelo representativos con la finalidad de realizar su clasificación taxonómica. Se colectaron muestras del agua residual al final de la estación seca para evaluar su calidad. Las clases de tierra principales son lama y negra; dentro de ellas se encuentran diferentes fases caracterizadas por la textura y presencia de sales. Los suelos salinos representan 16 % de la zona agrícola y se ubican principalmente en la periferia de la Laguna de Zumpango. Todos los suelos son rellenos, algunos mayores a 50 cm (tierra negra, lama salina y lama), reuniendo las características de un epipedón plaggen. La taxonomía de suelos ubica a todos los suelos que tienen este epipedón en el orden inceptisoles y los clasifica temporalmente como Typic Plaggantrepts. Sin embargo, este orden le da prioridad a las condiciones ácuicas, por lo que la mejor clasificación de estos suelos se obtuvo por esta característica. A diferencia de la Taxonomía de suelos, la WRB (2007) solo requiere de rellenos con un espesor de 20 cm por lo que todos los perfiles fueron clasificados como antropoles. Así los suelos del área son antropoles con influencia del riego (hidrágico), del tipo de relleno (tétrico o plágico), actividad biológica por mesofauna (Hórtico) y con procesos de gleyzación y sodificación. El agua residual que se utiliza en la zona es de buena calidad en cuanto a salinidad por lo tanto no es responsable de la salinidad de los suelos. Aunque la clasificación de los suelos por WRB coincide con las clases de tierra identificadas en la localidad, no se cumplió con uno de los requisitos obligados para la determinación de un horizonte sálico, por lo tanto la clasificación de los suelos con base en el conocimiento local es más fina, ya que integra uno de los procesos más importantes en los suelos de la zona: la salinización.

SE10-25

### REDUCCIÓN DE COMPUESTOS CANCERÍGENOS EN PARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS PROVENIENTES DE LA COMBUSTIÓN DE AUTOMÓVILES A DIESEL MEDIANTE EL USO DE BIOCOMBUSTIBLES

Valle Hernández Brenda Líz, Amador Muñoz Omar, Jazcilevich Diamant Arón, Villalobos Pietrini Rafael, López Alfonso Enrique Hernández y Santos Medina Graciela  
*Universidad Nacional Autónoma de México*  
 brendalizvh@comunidad.unam.mx

#### Introducción

Las megaciudades presentan problemas de contaminación atmosférica, generada en parte, por la quema de combustibles no renovables. Por ello, surge la necesidad de encontrar combustibles alternos que cumplan la demanda y mitiguen la contaminación. El biodiesel se produce a partir de aceites animales o vegetales mezclado con diesel (por ejemplo, una mezcla con 5% de aceite vegetal se denomina B5) y se ha observado que reduce las emisiones de ciertos contaminantes respecto a las del diesel (1). En los próximos 10 años se buscará incorporar el uso de biocombustibles en México (2).

Los vehículos a diesel son una fuente importante de emisiones de partículas (3), que contienen hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y nitro derivados (nitro-HAP), reportados como mutagénicos y carcinogénicos (4). Estas alcanzan la zona alveolar en los pulmones, lo que incrementa el riesgo de padecer cáncer y enfermedades cardio-respiratorias. Por lo que su análisis cualitativo y cuantitativo es fundamental para evaluar el impacto que tienen en la población (5). El objetivo del presente trabajo fue demostrar la reducción de HAP y nitro-HAP emitidos por la combustión incompleta de diesel al emplear biodiesel.

#### Metodología

Las partículas emitidas a la atmósfera se colectaron directamente del escape de un camión a diesel en filtros de fibra de vidrio recubiertos con teflón. Se emplearon diferentes ciclos de manejo, revoluciones por minuto, carga, tipos de combustibles (Diesel, B5, B10, B20 y DUBA), con y sin catalizador. Se analizaron 27 HAP y 26 nitro-HAP por cromatografía de gases-espectrometría de masas.

#### Resultados y discusión

Se detectaron 17 HAP. Siendo los de menor peso molecular (PM) los más abundantes. Fenantreno y pireno (marcadores de diesel) fueron los de mayor concentración, seguidos del fluoranteno, benzo[a]antraceno, criseno y benzo[a]pireno que son cancerígenos y teratogénicos. En el caso de los nitro-HAP, sólo se detectó el 1-Nitropireno en una muestra de diesel y en otra de B10. Este compuesto es un marcador de emisiones de diesel y un potente mutágeno directo (6). Las emisiones de los HAP en biodiesel y en DUBA respecto a las diesel disminuyeron entre el 79.8% (fluoranteno) en B10 y el 98.2% (Benzo[a]antraceno) en B5. Similarmente, la emisión del 1-Nitropireno en B10 fue 90% menor que la del diesel.

#### Conclusiones

Los resultados mostraron que las diferentes proporciones de biodiesel redujeron más del 75% las emisiones de los HAP y nitro-HAP respecto a las de diesel. Actualmente, se construye un túnel de dilución para controlar la emisión y las variables que intervienen en el proceso de combustión.

#### Agradecimientos

Proyecto de Dr. Aaron y PAPIIT IN116810-3, UNAM. Samuel Miguel y Hugo Barrera por su asistencia técnica. VHBL agradece al CONACYT y al Posgrado de Ciencias de la Tierra, UNAM, el financiamiento otorgado.

#### Referencias

1. Basha et al. (2009). *Renew. Sust. Eng. Rev.* 13:1628-34.
2. SENER (2008). PEMEX. Secretaría de Energía.
3. Lloyd y Cackette (2001). *J. Air Waste & Management Association* 51:809-47.
4. Adonis y Gil (1993). *Mutat. Res.* 292:51-61.
5. Karavalakis et al. (2009). *Atmos. Environ.* 43:1745-52.
6. IARC (1989). *Int. Agency Res. Cancer* 46: 458pp.

SE10-26 CARTEL

### ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE COMPOSTA COMO UNA MEDIDA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE SUELOS IMPACTADOS POR JALES EN NACOZARI, SONORA

Dévora Figueroa Ana<sup>1</sup>, Meza Figueroa Diana<sup>2</sup>, Montijo González Alejandra<sup>2</sup>, De la O Villanueva Margarita<sup>2</sup>, Aguirre López Luz<sup>2</sup>, López Ulloa Jorge<sup>2</sup>, Macías Salgado Deyanira<sup>2</sup>, Minjarez Montijo Ismael<sup>2</sup> y Saucedo Samaniego Julio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Cajeme (ITESCA)

<sup>2</sup>Departamento de Geología, Universidad de Sonora  
 dmeza@ciencias.uson.mx

En Nacozari de García, Sonora, se localiza un apilamiento de jales mineros que cubre un área de 19 hectáreas. Este pasivo ambiental es resultado de actividades de explotación de la mina Pilares, la cual cesó operación en 1945. El Sistema para la Consulta de Información Censal 2000 (SCINCE, 2000) informa que el número de unidades de Área Geográfica Estadística Básica (AGEB) de Nacozari de García son 18, de las cuales, 10 unidades componen las zonas habitacionales adyacentes a los jales. En estas 10 unidades se concentra una población de 6,452 habitantes distribuidos en 1,521 viviendas particulares con un promedio de 4 habitantes por vivienda. La evaluación geoquímica en polvo, suelos residenciales, jales, sedimentos, agua y suelos, indica que aunque en términos de su toxicidad y capacidad para la generación de drenaje ácido, los jales no son peligrosos si existe una dispersión importante de metales (Cu, As) hacia la población por medio de la generación y transporte de polvo. Los niveles de arsénico en 40% de las muestras de suelos residenciales exceden el nivel máximo permisible (22 mg/Kg.) establecido en la legislación mexicana (NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004) lo que representa un riesgo potencial a la salud de la población.

En este trabajo se evalúa una medida a corto plazo que ayudaría a los residentes de las cercanías de los jales, para lo que se propone el desarrollo de pantallas cortaviento en sus patios. Estas pantallas cortaviento (plantas) reducirían significativamente la dispersión del polvo de los jales hacia el interior de las viviendas. En la mayoría de las casas de las laderas de los jales, los suelos de los patios están fuertemente impactados por material de los jales, lo que hace muy difícil que crezcan plantas y se desarrollen jardines.

Estudios realizados con plantas nativas indican que se requiere un porcentaje mínimo de 10% de composta agregada a los jales de Nacozari para que se desarrollen algunas plantas, e.g. *Atriplex lentiformis* y *Buffalo grass*.

En este trabajo se presentan adicionalmente los resultados del desarrollo de materiales y talleres para elaboración de composta, dirigido a residentes de Nacozari. Se trabajó con 16 familias voluntarias para mejorar jardines residenciales y se plantea la implementación del modelo Syracuse para un programa de participación comunitaria en la solución de un problema ambiental enfocado al mejoramiento de la calidad de suelos y aire.

SE10-27 CARTEL

### INSTRUMENTOS REGULATORIOS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA INDUSTRIA MINERA

Briseño Olga y Milán Gabriela  
 Dirección de Minería, SEMARNAT  
 gabriela.milan@semarnat.gob.mx

En este escrito se presenta el marco jurídico ambiental que regula a las actividades mineras, con objeto de reorientar conductas y generar prácticas compatibles con el medio ambiente.

La minería contribuye de manera importante en el desarrollo económico de las regiones y de los países en donde se llevan a cabo las operaciones. También es conocida por los impactos que ocasiona al ambiente. Actualmente, las políticas internacionales incorporan criterios de sustentabilidad que involucran la participación responsable en el manejo de los recursos naturales y el ambiente, así como modificaciones en los procesos productivos para reducir los impactos ambientales.

En la segunda mitad del siglo pasado, el desarrollo económico generó una gran demanda en el uso de los recursos naturales, rebasando en algunos casos, la capacidad de absorción y regeneración natural de los ecosistemas, con daños y pérdida del capital natural. Con el fin de cuantificar ese daño y responsabilizar

a los que contaminan, la Organización de las Naciones Unidas en el marco de la "Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo", presentó en junio de 1992, los 27 principios básicos de la política ambiental. Entre estos principios, destaca el 16, que señala:

"Las autoridades nacionales deberían procurar fomentar la internalización de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos, teniendo en cuenta el criterio de que el que contamina debe, en PRINCIPIO, cargar con los costos de la contaminación..."

A la fecha no existe suficiente información para estimar el costo del impacto ambiental de las actividades mineras en México, sin embargo se reconoce que ha sido significativo. En la minería, así como en otros sectores industriales, los agentes económicos deben asumir el costo de sus afectaciones y trabajar con prácticas compatibles con el ambiente que coadyuven al desarrollo sustentable de dicha actividad.

Al ser la minería una actividad de competencia federal, el gobierno federal a través de la SEMARNAT, promueve la elaboración de instrumentos normativos y de fomento para inducir conductas, reorientar los procesos productivos, facilitar la gestión ambiental y promover el desarrollo sustentable del sector.

La competencia federal en el uso o el aprovechamiento de los recursos minerales está definida en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que establece, entre otros, que los minerales son del dominio de la Nación y su explotación solo puede realizarse a través de concesiones otorgadas a particulares o empresas constituidas conforme a las leyes mexicanas.

La legislación minera señala la obligatoriedad para quienes beneficien minerales o sustancias definidas en ella, de sujetarse a las disposiciones y normas aplicables al sector en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente.

Actualmente existen cinco instrumentos normativos en materia ambiental relacionados con actividades mineras: presas de jales, exploración minera directa, suelos contaminados con metales, muestreo de suelos y sistemas de lixiviación de oro y plata. Otras dos normas se encuentran en elaboración y se refieren a planes de manejo de residuos mineros y a sistemas de lixiviación de cobre.

SE10-28 CARTEL

#### **ISÓTOPOS DE ESTRONCIO PARA EVALUAR INTRUSIÓN DE AGUA MARINA EN UN ACUÍFERO COSTERO EN ENSENADA, B.C., MÉXICO**

Lara Valenzuela Karla y Weber Bodo

*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada*

klara@cicese.mx

El acuífero de Maneadero, ubicado en un valle 13 km al sur de la ciudad de Ensenada, es una importante fuente de agua fresca, tanto para sustentar la agricultura extensiva practicada en el valle, como para abastecer de agua potable a la ciudad y asentamientos urbanos circundantes; sin embargo, debido a décadas de sobreexplotación y pobres políticas de administración, la calidad del agua ha ido menguando con el tiempo, condición evidenciada por el incremento en la salinidad, que se expresa en términos de Sólidos Totales Disueltos (TDS). Como el acuífero de Maneadero es de tipo costero, se ha señalado a la intrusión de agua marina como la causa principal del aumento de los TDS.

Para evaluar la intrusión marina en el acuífero usamos isótopos de estroncio (Sr) bajo la siguiente premisa: la razón isotópica  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  al día de hoy es constante ( $0.70918 \pm 0.00001$ ) gracias a que el Sr en el mar tiene un tiempo de residencia de  $5.0 \times 10^6$  años y tarda 1000 años en homogeneizarse por completo; considerando que la concentración de Sr en el agua de mar ( $7.74 \mu\text{g}$ ) es de 10 a 100 veces mayor que la concentración promedio de las aguas continentales y asumiendo que su razón isotópica será muy diferente de la del agua de mar, una intrusión marina causará una respuesta inmediata tanto en la concentración de Sr como en la razón  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ .

La metodología consistió en la toma muestras de aportes naturales al acuífero y pozos de abastecimiento al final de las temporadas de lluvias y seca (marzo y octubre 2009, marzo 2010), separación del Sr con Cromatografía de Extracción (EXC) y determinación de concentraciones de Sr y razones  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  de las muestras con una técnica de laboratorio combinada llamada Espectrometría de Masas con Dilución Isotópica (ID-MS). Se utilizó la resina SrSpec de Eichrom® para la EXC, la solución COMBI-C3 como spike para la dilución isotópica y el espectrómetro de masas Finnigan MAT 262 equipado con multicolelector, para determinación de razones isotópicas de Sr.

Como resultados, encontramos que el aporte NE presentó en ambas temporadas una razón  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  de  $-0.7076$  (significativamente menor que la del agua de mar,  $-0.7092$ ), y el aporte SE una razón  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  menor de  $-0.7063$ , pero concentración mayor que la del aporte NE. Las razones  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  de los pozos muestreados se encuentran en un intervalo entre la razón  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  de NE y la del SE. Las muestras tomadas de los pozos cercanos a la costa mostraron las mayores salinidades y concentraciones de Sr, respectivamente, pero ninguna de ellas presentó una razón  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  mayor que la del aporte NE. Los modelos de mezcla sugieren la presencia de un muy bajo porcentaje de agua de mar.

En base a lo anterior, la alta salinidad del acuífero no puede ser explicada por intrusión de agua marina únicamente por lo que sugerimos que procesos de evaporación y reciclaje de sales a causa del riego son más plausibles para justificar la alta salinidad en el acuífero.