
AGUAS SUBTERRÁNEAS

GGA-01

**CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA
ORIGINADA POR RESIDUOS SÓLIDOS DEL TIRADERO
MUNICIPAL DE LINARES, N.L.**

Héctor de León Gómez, Liliana Gpe. Lizárraga Mendiola y
Francisco Medina Barrera
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
E-mail: hdeleon@ccr.dsi.unal.mx

El Tiradero municipal de la ciudad de Linares se localiza a 1.5 km al sur del río Pablillo, colector principal de la presa de almacenamiento para agua potable "José López Portillo" (Cerro Prieto) y al este de Linares.

Allí se depositaron en un período de aproximadamente 20 años más de 315,000 ton de residuos sólidos generados por la actividad doméstica, municipal e industrial de los casi 100,000 habitantes de la ciudad de Linares.

Actualmente dicho sitio se encuentra clausurado y fuera de función debido a las contaminaciones de los aprovechamientos hidráulicos (pozos y norias) reportadas por los usuarios que habitan en su periferia.

Diversos estudios se han realizado en el área impactada: geológicos, hidrogeológicos, hidrogeoquímicos y de metales pesados. Los resultados piezométricos indican que los "lixiviados" se mueven en dirección hacia el río Pablillo. Los análisis físico-químico-bacteriológicos arrojan resultados de nitratos, coliformes totales y fecales muy por arriba de los límites establecidos en las Normas NOM-127-SSA-1-1999.

Análisis de metales pesados (Ni, Cr, Ag, Pb, Ar, Hg, Se, Cd y Ba) se realizaron a través de Espectrometría de Absorción Atómica de los pozos aledaños, indicando presencia de Bario, Arsénico, Selenio y Mercurio por arriba de los valores establecidos por la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

Además se realizaron análisis de Hidrocarburos Pesados a través de Cromatografía de Gases, obteniéndose valores de 14 a 320 mg/L, muy por arriba de los establecidos (< 1mg/L).

La meta de esta investigación es la de evaluar el impacto ambiental presente en las aguas subterráneas y las aguas superficiales del río Pablillo, proponiendo una serie de medidas de remediación y/o saneamiento del área impactada.

GGA-02

**PROBLEMÁTICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE LA
CIUDAD INDUSTRIAL DE LINARES/MÉXICO**

Héctor de León Gómez y Salvador Israel de la Garza González
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
E-mail: hdeleon@ccr.dsi.unal.mx

La Ciudad Industrial de Linares cuenta con instalaciones industriales para la elaboración o almacenamiento de una gran variedad de productos que se pueden clasificar como químicos y/o biológicos. Entre las empresas más generadoras de residuos se encuentran maquiladoras, talleres e instalaciones correspondientes a derivados del petróleo.

Desde años atrás ha existido inconformidad de vecinos de los ejidos y colonias circundantes por el olor y sabor del agua de pozos y norias, teniendo que clausurar algunos aprovechamientos hidráulicos fuertemente contaminados. Además de esto, se han localizado descargas de residuos líquidos y sólidos de algunos sitios de la Ciudad Industrial directamente al Río Camacho, el cual aguas abajo se une al Río Pablillo y desembocan directamente a la presa de abastecimiento de agua potable Cerro Prieto.

El objetivo de este estudio es la evaluación de impacto ambiental del área, donde existe contaminación del agua generada por residuos sólidos y líquidos. Para esto se definió una metodología de trabajo, mediante estudios geológicos, hidrogeológicos, matrices y sobreposición de mapas y fotografías aéreas, para poder proponer las medidas de mitigación y/o remediación adecuadas. Dicho estudio se encuentran en la fase inicial de diagnóstico.

Se elaborará una carta piezométrica a detalle, donde resultados de estudios regionales anteriores coinciden en un flujo del agua subterránea hacia el Río Camacho. Además se realizarán una serie de análisis Físico-químicos y bacteriológicos del agua, estimando los cationes y aniones principales; así como análisis de Metales Pesados (arsénico, cadmio, bario, cobre, plomo, cromo, manganeso, fierro, zinc, mercurio y antimonio) y Grasas y Aceites.

Los resultados esperados son a) que el flujo del agua subterránea sea con dirección al Río Camacho, coincidiendo con estudios preliminares; b) que la concentración de algunos elementos presentes en el agua excedan los límites permisibles regidos bajo las normas correspondientes; c) la detección de impactos al entorno ambiental.

GGA-03

REUSO DE AGUA RESIDUAL EN EL DISTRITO DE VALSEQUILLO, PUEBLA. EVIDENCIAS DE INTERACCIÓN

Eloísa Domínguez-Mariani, Alejandro Carrillo-Chávez y A. Ortega

Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro
E-mail: eloisa@geociencias.unam.mx

En México, el 83% del total de agua subterránea que se extrae, se destina al riego de 6.3 millones de ha. Agua residual se usa en el riego de, al menos, 82 000 ha ubicadas en regiones áridas y semiáridas del norte y centro del país. Esta práctica se ha realizado a pesar del riesgo de impacto negativo e irreversible del agua residual en el suelo y agua subterránea.

El presente trabajo se llevó a cabo en la Primera Unidad de Riego del Distrito de Valsequillo, Puebla (10,485 ha), las fuentes de suministro son agua subterránea extraída del acuífero local y agua residual proveniente de la Presa Manuel Ávila Camacho ó Valsequillo. A esta presa llega agua residual sin tratamiento proveniente de los centros urbano-industriales de Puebla y Tlaxcala. El acuífero en estudio se considera como una fuente alterna de abastecimiento para la ciudad de Puebla, por lo que es de destacar la importancia de investigar a fondo el efecto del riego con aguas provenientes de la presa.

La presente investigación tiene los siguientes objetivos:

1. Caracterizar hidrogeoquímica e isotópicamente el agua subterránea y la residual.
2. Definir la interacción del agua residual aplicada al riego y la subterránea.
3. Definir el modelo hidrogeológico de comportamiento del acuífero en estudio.

Fuera del distrito de riego, para el suministro a la agricultura se utiliza solo agua subterránea, lo que ofrece la oportunidad de estudiar el contraste entre zonas con diferente régimen de riego y las modificaciones del estado natural del acuífero. La experiencia en el ámbito mundial y nacional para este tipo de estudios es poca, por lo que el estudio tiene particular importancia para la definición de las consecuencias ambientales de esta práctica en la zona de estudio.

Conclusiones:

- A) El agua de riego tiene altas concentraciones en materia orgánica, grasas y aceites, microorganismos y hierro, que son de interés ambiental para la interrelación con el agua subterránea.
- B) Las concentraciones del agua subterránea tienen predominancia de los iones Ca^{2+} y HCO_3^- y en general, mayor concentración de sólidos disueltos totales que el agua residual.

C) Existe interacción hidráulica, bacteriológica, hidrogeoquímica e isotópica entre el agua de riego y el agua subterránea.

D) Se realizó la zonificación del grado de interacción en el agua subterránea con el agua residual.

E) Se determinó el modelo hidrogeológico de comportamiento del acuífero somero.

GGA-04

ESTUDIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL PARA LA PROSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS FUENTES DE SUMINISTRO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ÁREA DE TELOLOAPAN, GUERRERO

Javier Bustamante García, César Fitz Bravo y Lourdes Soto Ríos
Universidad Autónoma de Guerrero
E-mail: jaboroc@hotmail.com

El proyecto evalúa las condiciones geohidrológicas en el poblado de Teloloapan Guerrero, en relación a las afectaciones producidas por las aguas residuales vertidas a la cuenca hidrológica local. Dicho trabajo parte de una investigación espeleológica de las cuevas y sótanos (resumideros) de las áreas tradicionalmente conocidas, así como de otras que fueron identificadas durante la exploración.

Los trabajos realizados consistieron de levantamientos geológicos a semidetalle a escala 1:10 000 apoyados con la interpretación de fotografías aéreas, imágenes de satélite y mapas geomorfológicos en un área de 50 kilómetros cuadrados; mientras que los trabajos de levantamiento del interior de las cuevas y sótanos fueron efectuados con cinta y brújula a escalas 1:1 000 ó 1:500 con una metodología propia de la espeleología.

Como resultado de este estudio se determinó la distribución de las diferentes unidades litoestratigráficas, las principales fuentes de suministro de agua que incluyen pozos rústicos (norias), manantiales y pozos perforados a mediana profundidad y; en subsuelo, a partir del mapeo de cuevas y sótanos, se determinó la morfología cárstica y su relación con la dirección de las corrientes subterráneas.

De acuerdo con los estudios de prospección espeleológica el Resumidero de Atlalac en su parte más profunda ofrece una posibilidad de suministro de poco más de 4 pulgadas de agua, mientras que la corriente subterránea del Resumidero de la Planta de Bombeo, aguas abajo de la obra de toma, puede aportar agua en más de 6 pulgadas.

En relación al impacto que produce la depositación de aguas residuales se determinaron los principales sitios de exposición, mismos que se encuentran en los límites de la zona urbana. En la exploración espeleológica realizada al resumidero localizado a un costado de la planta de bombeo y en la resurgencia del arroyo del poblado de Chapa se identificaron

desechos sólidos como bolsas y botellas de plástico, el agua se muestra con algunas concentraciones de espuma probablemente producto de detergentes, así también se presenta un olor fétido producto de la descomposición de la materia orgánica y falta de oxígeno. En ambos casos las aguas son bombeadas al poblado de Teloloapan para su uso doméstico. Esta situación se ve agravada por el depósito de un tiradero de basura localizado en la ladera sur de la cuenca.

A partir de la información geológica-estructural y espeleológica se determinó la dirección del flujo subterráneo en la cuenca y las afectaciones antropogénicas derivadas del crecimiento y la mala planificación urbana. A la fecha se realiza una evaluación cuantitativa de las afectaciones con la toma de muestras de agua para análisis microbiológicos y elementos pesados.

GGA-05

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE CAMPO Y LABORATORIO DE MUESTRAS DE AGUA DEL DISTRITO MINERO DE ZACUALPAN, ESTADO DE MÉXICO

Bocanegra-García Gerardo y Carrillo-Chávez Alejandro
Centro de Geociencias, UNAM
E-mail: gbg@geociencias.unam.mx

Se analizaron un total de 64 muestras de agua, 34 muestras corresponden a muestras de campo y 30 a muestras de columnas de lixiviación de jales en laboratorio. Las muestras de campo fueron tomadas dentro de la subcuenca donde se ubica la mina. Se llevaron a cabo dos periodos de muestreo, el primero de ellos en el estiaje y el segundo en la época de lluvias. Estas muestras fueron divididas en cuatro grupos; el primero de ellos corresponde a agua proveniente de manantiales y arroyos; el segundo, es agua de escurrimientos en fracturas y barrenos en el interior de la mina; el tercero, es agua de las galerías de desagüe de las presas de jales; y el cuarto es la mezcla de aguas del desagüe de las presas de jales y arroyos. Las muestras de agua del primer grupo determinan los valores de fondo de las concentraciones de los sólidos disueltos, presentes en la subcuenca. Estos valores de fondo son la referencia para comparar las muestras de agua provenientes de la actividad minera. Los resultados del primer grupo respecto a las concentraciones de sólidos disueltos son mucho menores a los encontrados en las muestras de agua de las galerías de las presas de jales. Los resultados en ambas épocas del año son similares con variación máxima del 15% para el ion sulfato. El sulfato es el ion que presenta concentraciones anómalas en muestras de agua provenientes del drenaje de jales y del nivel más profundo muestreado en el interior mina. Se proponen orígenes de las altas concentraciones de este ion. Los valores de concentración de elementos traza encontrados en la presente investigación son del orden de unidades a algunas decenas de $\mu\text{g/l}$ acorde a lo reportado en la literatura de drenaje ácido de minas proveniente de yacimientos de metales base con poca pirita y

pirrotita que se presentan en vetas de cuarzo y calcita, pero a lo que se encuentra indicado en la literatura de drenaje ácido de minas de yacimientos de sulfuros masivos con alto contenido de pirita, donde los valores reportados son del orden de mg/l . Asimismo, los valores de pH medidos en campo son del orden de 7.0 a 8.2 que también difieren de lo encontrado en otras investigaciones referentes a drenaje ácido de minas de yacimientos de sulfuros masivos con alto contenido de pirita donde se reportan valores de pH del orden de 2.0-5.0.

Tres columnas de lixiviación fueron montadas en laboratorio, cada una de ellas tiene una longitud de 2.00 m y diámetro de 15.24 cm. Las columnas se llenaron con jales. Las muestras de agua se tomaron a 0.25, 0.50, 1.00, 1.50 y 2.00 m de profundidad. Los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras obtenidas a los 2.00 m, presentan concentraciones de iones mayores con un comportamiento similar a aquellas de las muestras de campo obtenidas de las galerías de desagüe de las presas de jales, con un factor de entre 3 a 5 veces para el ion sulfato, mayor que el encontrado en las muestras de campo y un factor de 4 para el calcio. Los otros iones no presentan mayor variación.

CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDAD MINERA

GGA-06

EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD POTENCIAL DE JALES MINEROS

Francisco M. Romero¹, María A. Armienta² y Lupita Villaseñor³

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

E-mail: fmrch@hotmail.com

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Instituto de Geología, UNAM

Uno de los principales problemas ambientales derivado del manejo y disposición de los jales mineros es el drenaje ácido (DA), el cual es producto de la oxidación de los minerales sulfurados que contienen. El desarrollo de DA en los jales es generalmente muy limitado durante la operación (jales activos) y se desarrolla lentamente a lo largo del tiempo, después que ha cesado la acumulación en el depósito (jales inactivos). La formación de DA no afecta todos los depósitos de jales y depende del contenido de minerales sulfurados (capaces de producir ácidos) y carbonatos, arcillas e hidróxidos (capaces de neutralizar los ácidos generados), así como de las condiciones geográficas de los sitios donde están ubicados. La peligrosidad de los elementos potencialmente tóxicos (EPT) asociados a los jales varía ampliamente, aún para el mismo elemento, dependiendo de su movilidad. La fracción "soluble" (iones y coloides) es la que representa mayor peligro ya que podría ser movilizada y contaminar los cuerpos de aguas (superficiales y subterráneos). También se considera a esta fracción "soluble" como la más peligrosa debido a que puede estar fitodisponible y/o biodisponible.

Está en desarrollo una investigación que tiene como objetivo proponer una metodología para la evaluación del peligro potencial que representan los jales activos e inactivos en distritos mineros de México. Hasta la fecha, se ha realizado la caracterización química y mineralógica en muestras de jales activos (inalterados) e inactivos (oxidados) en los distritos mineros de Taxco, Gro. y Zimapán Hgo, y mediante la construcción de modelos termodinámicos se han establecido los mecanismos que controlan la movilidad de los EPT estudiados. Actualmente, se están realizando pruebas estáticas en las muestras de los jales activos para determinar si son (o no son) aptos para generar DA; y en las muestras de jales inactivos para valorar si todavía son capaces de seguir generando DA. También se realizarán pruebas cinéticas para determinar la velocidad y magnitud de la oxidación y la generación de ácido, así como para la predicción de la calidad de agua de drenaje.

Los principales resultados obtenidos indican que:

I. Los jales activos (inalterados) se caracterizan por: A) pH cercanos al neutro; B) Bajas concentraciones de sulfatos; C) Bajos valores de conductividad eléctrica; D) En su mineralogía destacan minerales primarios: minerales sulfurosos capaces de generar DA (pirita, galena, esfalerita, pirrotita), y minerales capaces de neutralizar la posible acidez generada (calcita y arcillas). Los resultados de los experimentos de extracción en muestras de estos jales indican que los EPT estudiados son poco o nada "solubles", por lo que actualmente no representan un peligro para el entorno. Sin embargo, la cantidad de minerales sulfurosos que contienen hace necesario que su peligrosidad se evalúe utilizando pruebas estáticas y cinéticas que permitan pronosticar su comportamiento futuro.

II. Los jales inactivos (oxidados) se caracterizan por: A) pH bajos (son capaces de producir drenaje ácido); B) Altas concentraciones de sulfatos; C) Altos valores de conductividad eléctrica; D) En su mineralogía es característica la presencia de minerales secundarios (goetita, ferrihidrita, yeso, óxidos y sulfatos de Pb, arseniatos de metales transicionales). Además de los minerales secundarios se reportan algunos minerales sulfurosos como la pirita, calcopirita, argentopirita y galena. Los resultados de los experimentos de extracción en muestras de jales inactivos (oxidados) indican que la "solubilidad" de los EPT estudiados es relativamente alta: As entre 0.006 y 48.68 mg/L, Cu entre 0.06 y 25.5 mg/L, Zn entre 1.5 y 470 mg/L y Fe entre 1.88 y 1185 mg/L, por lo que actualmente representan un peligro para el entorno.

III. La solubilidad del Pb es poca o nula tanto en jales activos como inactivos, por lo que no representa un peligro para el entorno.

IV. La combinación de los fenómenos de precipitación (formación de minerales secundarios como arseniatos de metales transicionales, anglesita (PbSO₄), goetita) y sorción

(quimisorción de aniones y cationes en superficies de oxo-hidróxidos de Fe, calcita y arcillas) parecen estar controlando la solubilidad de los elementos potencialmente tóxicos estudiados (As, Pb, Cu, Zn y Fe).

GGA-07

GEOQUÍMICA AMBIENTAL DEL DISTRITO MINERO DE POZOS, GUANAJUATO

Alejandro Carrillo-Chávez¹, Eduardo González-Partida¹ y Ofelia Morton-Bermea²

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.
E-mail: ambiente@geociencias.unam.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

El Distrito Minero de Pozos esta localizado a 10 Km. al sur de San Luis de la Paz, en el extremo noroeste del estado de Guanajuato. Vetas epitermales cuaríferas, ricas en plata y oro, fueron descubiertas desde mediados de siglo XVII (1600's), pero la principal actividad minera de la región se dio en el periodo de 1880 a 1926. La explotación del distrito se estima en mas 1,200,000 toneladas de material con leyes promedio de 1.35 kg/t de plata y 8.5 g/t de oro. Localmente algunas vetas dieron leyes de hasta 2.5 kg/t plata y 40 g/t oro. Los jales mineros fueron depositados sobre el cauce del arroyo principal y dispersados hidrodinamicamente sobre una gran área. Las concentraciones de Cr, Co y Ni en rocas, sedimentos y jales están por debajo de las concentraciones promedio en la corteza de la tierra. Pero las concentraciones de Cu, Zn, As, Cd y Pb en rocas, sedimentos y jales están por arriba de las concentraciones promedio en la corteza de la tierra. Las concentraciones en los jales son: As=109 a 306 mg/kg; Cd=1.5 a 2.1 mg/kg; Cu=95 a 140 mg/kg; Pb=85 a 145 mg/kg; y Zn=109 a 306 mg/kg. Concentraciones de As y Pb en agua subterránea son: As=0.011 a 0.090 mg/l; y Pb=0.025 a 0.035 mg/l (generalmente arriba del estándar para agua potable). Experimentos de la celda húmeda y de columnas de lixiviación se desarrollaron en sedimentos de arroyo y jales mineros a fin de determinar el potencial de lixiviación de metales pesados hacia el agua subterránea. Los resultados de estos experimentos indican que el potencial de lixiviación de As es relativamente bajo (lixiviados con menos de 0.050 mg/l). Lo mismo puede decirse del plomo, cuyas concentraciones en los experimentos de lixiviación variaron de 0.001 a 0.180 mg/l, con un promedio de 0.010 mg/l. Sin embargo, las concentraciones de zinc en los lixiviados fueron relativamente altas (hasta 80 mg/l). Estos resultados indican que, dada la relativa baja cantidad de jales disperses (menos de 1.2 millones de toneladas), las concentraciones de As y Pb en agua subterránea pudieran bien ser debido a fuentes y procesos naturales (valores naturales de fondo) en la zona mineralizada. Sin embargo, las altas concentraciones de Zn en los jales y los lixiviados (hasta 306 mg/kg y 80 mg/l, respectivamente) indica que el Zn pudiera estar presente en una fase secundaria relativamente soluble (esmitsonita?). Pero bajo las condiciones naturales del acuífero (pH neutro y alto contenido de Fe), el Zn en solución es controlado por procesos de adsorción en oxihidróxidos de Fe.

GGA-08

GEOQUÍMICA DE LOS JALES DE LA MINA DE ZACUALPAN, ESTADO DE MÉXICO Y SU RELACIÓN CON LOS RESULTADOS HIDROGEOQUÍMICOS DE CAMPO

Bocanegra G. Gerardo, Carrillo Ch. Alejandro y Arteaga L. Nubia

Centro de Geociencias, UNAM
E-mail: gbg@geociencias.unam.mx

Se analizaron por medio del microscopio electrónico de barrido tres muestras de la parte superior de los jales de la mina de Zacualpan, Estado de México, con el objeto de determinar las características y alteraciones de los sulfuros presentes en dichos jales. La cantidad de sulfuros presentes en las muestras equivale aproximadamente al 2% del volumen total de los materiales presentes en las muestras. Los principales sulfuros encontrados son en orden de mayor a menor presencia, pirita, esfalerita, galena y calcopirita. La mayoría de los fragmentos de los sulfuros no presentan bordes de alteración, mostrando bordes nítidos y bien definidos, que indican su bajo grado de oxidación. Estas observaciones concuerdan con los resultados hidrogeoquímicos encontrados en las muestras de agua de las galerías de desagüe de las presas de jales, con relación a los valores altos de pH (7-8) y los bajos valores de las concentraciones de elementos traza (del orden de unidades de $\mu\text{g/l}$). Asimismo, se relacionan resultados de difracción de rayos X con resultados generados de la modelación hidrogeoquímica a través del programa PHREEQC.

GGA-09

PROCESOS GEOQUÍMICOS DEL ARSÉNICO EN JALES MINEROS DE ZIMAPÁN, HIDALGO

M.A. Armienta, M. Méndez, O. Cruz, A. Aguayo y N. Ceniceros

Instituto de Geofísica, UNAM
E-mail: victoria@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

El agua subterránea de Zimapán, Hidalgo presenta elevadas concentraciones de arsénico (hasta 1.1 mg/l). Esta contaminación se ha debido a fuentes naturales y antropogénicas. La solubilización de minerales de arsénico, principalmente arsenopirita y escorodita, ha ocasionado contenidos elevados de arsénico en los pozos profundos que explotan el acuífero calizo; la lixiviación de jales mineros y la infiltración de los humos producidos por las fundidoras que operaron en la primera mitad del siglo XX, han contaminado algunas norias. En este trabajo se presentan los resultados de una investigación sobre los procesos geoquímicos involucrados en la movilización del arsénico, a partir de jales mineros en Zimapán. Se tomaron muestras de jales con diferente antigüedad ubicados en la zona urbana, en los cuales se efectuaron determinaciones físico-químicas y mineralógicas. Los valores de conductividad, pH y concentraciones de sulfatos se

obtuvieron a partir de lixiviados acuosos de los jales. Además, se utilizó la extracción secuencial selectiva, que consiste en la disolución del material sólido con varios extractantes, para determinar la distribución del arsénico en fases con diferente movilidad ambiental. Se encontraron altos contenidos de arsénico total (hasta 87,460 mg/kg) en todos los jales. Mediante el análisis por difracción de Rayos X se observó la presencia de arsenopirita en la mayoría de las muestras. Los resultados de la extracción secuencial selectiva mostraron que la mayor parte del contaminante se asocia a las fracciones residual, y a la fracción de oxihidróxidos de Fe y Al. El arsénico en estas fases es poco móvil excepto si se producen cambios en las condiciones físico-químicas. Sin embargo, se determinaron altas concentraciones de arsénico en las fracciones soluble e intercambiable (hasta 6930 mg/kg), el cual puede movilizarse más fácilmente y contaminar al ambiente. Las altas concentraciones de sulfatos (hasta 2200 mg/L) indican que han ocurrido procesos de oxidación de los sulfuros y generación de drenaje ácido (pH de 3.3 en los jales más antiguos). Se identificaron minerales secundarios como yeso y jarosita cuya precipitación forma parte importante de los procesos geoquímicos que ocurren en los jales. En particular, los arseniatos pueden sustituir a los sulfatos en la estructura de la jarosita. Por otro lado, la presencia de calcita como mineral primario en los depósitos de jales incrementa el pH y favorece la formación de oxihidróxidos de Fe y Al, que pueden adsorber al arsénico. Debido al peligro ambiental que representan los jales estudiados, es necesario adoptar medidas para minimizar la movilización del arsénico hacia el entorno, entre ellas es recomendable la mezcla de los depósitos con cal o caliza.

GGA-10

METALES PESADOS RELACIONADOS CON ACTIVIDADES MINERAS EN LA REGIÓN DE TAXCO, GUERRERO

Oscar Talavera Mendoza¹, María Aurora Armienta Hernández², Azucena Dótor Almazán³, Nestor Flores Mundo³ y José García Abundis³

¹ Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero

E-mail: oscartalavera@prodigy.net.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Estudiante de Geología, Universidad Autónoma de Guerrero

En la región de Taxco se han reconocido siete depósitos de jales y un terrero los cuales han sido estudiados a través de técnicas de microscopía, XRD, MEB y de los contenidos de metales de las fracciones solubles y disponibles por AAS e ICP-AES. Los suelos alrededor de los depósitos han sido igualmente estudiados así como las características físico-químicas de los lixiviados.

En total, los desechos mineros contienen mas de 25 millones de toneladas. Todos presentan altos grados de oxidación con excepción de la parte superior de los jales Guerrero I y de La Concha. Las fases primarias incluyen al

cuarzo, fragmentos de roca (esquistos y volcánicos) y escasos ferromagnesianos mientras que la calcita y fragmentos de caliza sólo han sido reconocidos en los jales menos oxidados. Los sulfuros se encuentran mayoritariamente en los depósitos no oxidados ricos en calcita e incluyen a la pirita y a la esfalerita con poca pirrotita, galena, calcopirita, sulfosales de plata y arsenopirita. En los jales oxidados los sulfuros son escasos o están completamente ausentes y en su lugar predominan los oxihidróxidos de Fe. Los minerales secundarios y terciarios encontrados incluyen al yeso, azufre, calcocita, bruchita, keoheita, nimita, hetaerolita, minerales del grupo de la jarosita, eponita, hexahidrita, hematita, arcillas así como precipitados amorfos y oxihidróxidos pobremente cristalizados.

Todos los depósitos de jales se caracterizan por presentar altas concentraciones de Ag, Cu, Pb, Zn, As, Cd, Mn y Fe y rebasan en varios órdenes de magnitud las concentraciones regionales de fondo para suelos de cultivo. Los jales oxidados se caracterizan por presentar valores de pH ácidos (<3), altas conductancias (>700 mS/cm) y altas concentraciones de metales solubles y disponibles mientras que los no oxidados presentan valores de pH entre 6.5-8.0, conductancias bajas (<700 mS/cm) y bajas concentraciones de metales solubles y disponibles. Los suelos de cultivo alrededor de los jales están fuertemente afectados y presentan altas concentraciones de metales totales. Los lixiviados generados por algunos depósitos de jales son del tipo sulfatado-cálcico y se caracterizan por presentar valores de pH neutros a ligeramente alcalinos (6.5-8.0), valores de Eh variables (-100 a +300), altas conductancias (>500) y de moderadas a altas concentraciones de SO₄²⁻, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y, en algunos casos As. Los jales menos oxidados presentan Algunos depósitos de jales se caracterizan por El grado de oxidación observado junto con la amplia presencia de fases secundarias y terciarias sugiere que la generación de AMD acompañada de procesos de disolución, neutralización y reprecipitación ocurren en todos los jales y que estos procesos deben ser considerados como los principales procesos que controlan la movilidad y disponibilidad de los metales en los jales de Taxco.

METALES Y METALOIDES TÓXICOS

GGA-11

EL SELENIO EN RECONTAMINACIÓN O REMEDIACIÓN DE Hg

José Gumaro Ortiz-Valdez y Jesús Nájera-Garza
CEBETis # 23, EIMMG, UAZ, Zacatecas, Zac.
E-mail: minero_76@yahoo.com.mx

Desde hace más de 25 años se han explotado, por diversas empresas mineras los suelos agrícolas (eufemísticamente llamados "jales" o residuos de la explotación minera); con el fin de extraerles el mercurio (azogue), la plata y oro que los métodos de amalgamación, que utilizaron Hg y NaCl, en las

haciendas de beneficio coloniales españolas no lograron obtener. Actualmente, estas actividades de reexplotación de los suelos agrícolas ("jales"), se realizan a cielo abierto, volviendo a exponer a la radiación solar los metales pesados y otras sustancias tóxicas; todas en pequeñísimas partículas que con los efectos de los fuertes vientos regionales y precipitaciones pluviales, junto con las temperaturas mayores de 20°C, durante la primavera y el verano, esparcen en la atmósfera de la región poblada aledaña y en la propia área conurbada de las ciudades de Zacatecas y Guadalupe, gran cantidad de sustancias contaminantes, en forma de nanopartículas, aerosoles y "lluvia ácida"; las cuales a la fecha NO han sido EVALUADAS por las instituciones oficiales responsables de efectuarlo, para emprender las campañas de remediación y programas de evaluación de la salud, ya endémica, en los habitantes de esta región, y muy probablemente de TODOS los "Reales de Minas" del Virreinato español, durante más de 300 años. Los principales metales pesados y otras sustancias tóxicas presentes, derivados de los yacimientos minerales naturales, y ahora re-expuestos por la explotación de los suelos agrícolas ("jales") son: Hg, Pb, As, Cd, Se y disulfuros de varios minerales de plata y otros elementos químicos, que con las lluvias dan origen a la denominada "lluvia ácida" que deteriora las fachadas de los edificios coloniales PATRIMONIO CULTURAL DE LA HUMANIDAD, la que erróneamente se ha atribuido a la "acidificación" de los excrementos de las palomas que anidan en dichos edificios.

Análisis de "Suelo" de las plantas procesadoras de "Jales".
Municipio de Guadalupe, Estado de Zacatecas.

(Según: J. Ramírez O., 1998, Tesis de Maestría, FCQ-UAZ).

PROMEDIOS Hg 200 ppm Pb 1,000 ppm As 100 ppm Cd 10 ppm I ppm Hg=1 gr/ ton de tierra (jales)

NORMA 0.1 mg/m³ en la atmósfera

NORMA en el AGUA 0.001 ppm 0.05 ppm 0.05-0.02 ppm 0.01 ppm

EXCESO de la NORMA en AGUA 200,000 VECES 20,000 VECES 2,000 VECES 1,000 VECES

· ANÁLISIS DEL AGUA EXCEDENTE DE LAS PLANTAS:

Hg⁰ (elemental, MUY VOLÁTIL @ 200 C) 2 mg/litro ± = 2 ppm >>>> EXCEDE 2,000 VECES LA NORMA OFICIAL.

CLORURO MERCUROSO (Hg₂Cl₂): POCO SOLUBLE EN AGUA : 2 mg/litro, ± = 2 ppm

CLORURO MERCÚRICO (HgCl₂): MUY SOLUBLE EN AGUA : 69 mg/litro, ± = 69 ppm.

PROBABLE SOLUCIÓN

Para confinar (haciendo al Hg INSOLUBLE), se puede agregar AZUFRE (S) como Sulfuro de Sodio (Na), el cual es barato \$. LO MISMO SUCEDE CON LOS OTROS METALES PESADOS, es decir, se combinan con el S y se vuelven insolubles en el agua.

EL SELENIO Y LA SALUD

En el Distrito Minero de Zacatecas dentro de los yacimientos minerales, está presente un peculiar mineral denominado Aguilarita (No Aguilerita), que es un sulfoseleniuro de plata; es decir, contiene azufre (S), plata (Ag) y Selenio (Se). Este último es un particular elemento químico que es un oligoelemento o escaso, pero esencial para la salud humana, que se encuentra en la mayoría de los alimentos, sin embargo, su mayor abundancia se presenta en las nueces de Brasil, en la carne de pescado y en las menudencias u órganos vitales de los animales; como por ej.: el hígado y las patas de puerco, etc. La concentración del selenio en las plantas, depende de la disponibilidad de este elemento en los suelos, en los que aquéllas se desarrollan; y la cantidad de selenio en la carne del ganado, depende de la concentración en sus pasturas. Por lo que la alimentación humana, podría beneficiarse de la presencia de las partículas del mineral Aguilarita en los suelos (Jales) del Mpio. de Guadalupe, Zac., siempre y cuando éstas sean transformadas en compuestos químicos orgánicos en los alimentos, principalmente como amino-ácidos como selenometionina y selenocisteína.

Casi el 80% del selenio se absorbe, pero esto depende de varios factores, como la presencia, a niveles tóxicos de mercurio (Hg) y arsénico (As). Este fenómeno, aparentemente negativo para la salud humana, quizá sea benévolo para muchas personas que han habitado esta región durante largos lapsos; pues muy bien podría ser una razón o causa que explique por qué el aire y suelos contaminados no afecten a muchos individuos de la población.

El selenio en la selenocisteína se incorpora en varias enzimas (selenoproteínas) en el cuerpo humano, las que son indispensables para la salud. La mejor conocida de éstas es la glutadion-peroxidasa, que protege las membranas de las células de los radicales libres. Actualmente hay suficiente evidencia de que el selenio hace más eficiente al sistema inmunológico, y que ayuda al metabolismo de las hormonas de la glándula tiroideas; además, este elemento traza o escaso iiise requiere para una reproducción efectiva.

El requerimiento nutricional eficiente de selenio es de 75 y 60 mg/día para los adultos, hombres y mujeres, respectivamente.

GGA-12

REMOCIÓN DE MERCURIO EN SOLUCIÓN POR DIFERENTES ESPECIES DE ASPERGILLUS

Ismael Acosta Rodríguez, Xóchitl Rodríguez Rodríguez y
Conrado Gutiérrez Gutiérrez
CIEP, Facultad de Ciencias Químicas. UASLP
E-mail: lacosta@uaslp.mx
Centro Interactivo de Enseñanza, San Luis Potosí, S.L.P.

Los compuestos de mercurio son tóxicos a los organismos vivos, acumulándose en los riñones y en el cerebro, ocasionando daños al sistema nervioso. Debido a que se va acumulando en el organismo, los altos niveles de exposición a este compuesto ocasionan severos problemas a la salud. La principal fuente de contaminación al ambiente por el mercurio ocurre cuando éste es descargado al agua o suelo por las industrias, y puede ser convertido por las bacterias presentes en el medio en un compuesto orgánico más tóxico, el cual es absorbido rápidamente por diversos organismos acuáticos y a lo largo de la cadena alimentaria, y va pasando de un organismo a otro.

El objetivo de este trabajo fue analizar la capacidad de remoción de mercurio en solución por 5 especies de *Aspergillus* (3A. flavus y 2 A. fumigatus), aislados a partir de desechos mineros de una mina de Zimapán, Hgo. y resistentes a diferentes metales pesados. La biomasa celular se obtuvo sembrando 1 000 000 esporas/200 mL de caldo tioglicolato, incubando 4 días a 28°C, en un baño con agitación constante. la biomasa obtenida es separada del medio por filtración, después se lava con agua tridesionizada estéril, se seca 1 h a 80°C, y finalmente se muele y se guarda en un frasco ámbar en refrigeración hasta su uso. Para el análisis, se prepara una serie de soluciones de mercurio de concentración conocida, se ajusta el pH con ácido nítrico y la cantidad de biomasa añadida a cada matraz es de 80 mg/200 mL de solución de mercurio. Se toman muestras a determinados tiempos, la biomasa es removida por centrifugación (3000 rpm/5 min) y el sobrenadante es analizado para determinar la concentración del ión metálico por el método colorimétrico de la Ditizona.

De los 5 hongos analizados, se encontró que todos captan mercurio en diferentes proporciones, siendo el más eficiente el A. flavus III (45%), seguido de A. fumigatus I (36%), A. flavus IV (32%), A. flavus V (27%) y A. fumigatus II (17%), a las 24 h de incubación. Estas bioadsorciones son variables al pH y al tiempo de incubación. En conclusión, las biomasas estudiadas se pueden utilizar como fuentes alternas solas o en combinación con otras biomasas para tratar de eliminar el mercurio de nichos acuáticos contaminados.

CONTAMINACIÓN DE SUELOS

GGA-13

DISTRIBUCIÓN DE METALES PESADOS (CD, CU, FE, MN CR, ZN, NI Y PB) EN SUELOS ALEDAÑOS A LA PRESA JOSÉ ANTONIO ÁLZATE, ESTADO DE MÉXICOP. del Aguila J.¹, J. Lugo de la F.¹, R. Vaca P.¹ y G. Hernández S.²¹ Lab. de Edafología y Ambiente, Facultad de Ciencias, UAEMex
E-mail: daguila@coatepec.uaemex.mx² Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro

En las últimas décadas, los suelos, han experimentado un incremento en la concentración de metales pesados, debido a un empleo inadecuado de fertilizantes y pesticidas, agua de riego de mala calidad o bien, por deposiciones atmosféricas de contaminantes de origen industrial. Algunos metales pesados son esenciales para la vida, ya que pueden actuar como catalizadores de sistemas enzimáticos celulares; estos aparecen bajo determinados rangos de concentración, que si es rebasado, originan perturbaciones; dentro de este grupo están el Zn, Cu, Ni, etc. El Cd, Pb, Hg, entre otros, son considerados elementos potencialmente tóxicos ya que presentan la capacidad de reemplazar bioelementos ocasionando graves efectos en el metabolismo de los organismos. Los principales factores que influyen en la solubilidad de los metales son; el pH, la materia orgánica soluble y las condiciones redox. Como resultado de la alteración de los materiales originarios, los metales se pueden encontrar en formas móviles, por lo que su contenido está directamente relacionado con la composición de la roca madre. Así, el objetivo del presente estudio fue evaluar la distribución horizontal de metales pesados en suelos cercanos a la presa José Antonio Álzate (los cuales son regados con aguas del río Lerma), así como su relación con factores químicos y físicos para conocer la importancia de estos con los metales pesados y su impacto al ambiente. Se determinaron los parámetros: textura, pH, porcentaje de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y cationes intercambiables y los metales pesados totales (Ni, Zn, Cd, Fe, Cu, Cr, Pb y Mn). Asimismo, se calcularon los factores de enriquecimiento de cada metal E_{FC}. Se realizó un muestreo preferencial en 40 sitios, tomando el horizonte Ap. Los resultados mostraron el siguiente orden de cationes intercambiables: K < Na < Ca < Mg. Con relación al contenido de los metales totales, ninguno rebasó los valores permisibles. Respecto a los factores de enriquecimiento E_{FC}, para Cd, Cu y Pb se se determinó que los suelos se encuentran moderadamente enriquecidos de manera que se sugiere una aportación antropogénica como otra fuente, sumada a la geológica del sitio. Es por ello que debido al uso agrícola del suelo, debe ponerse atención a los metales Cd, Cu y Pb que se están adicionando en esa región.

GGA-14

VELOCIDAD DE LOS PROCESOS DE AMORTIGUAMIENTO RÁPIDO EN SUELOS CAOLINÍCOS POR EFECTO DE DEPOSITACIÓN ÁCIDA

Lucy Mora Palomino y Christina Siebe G.

Instituto de Geología, UNAM

E-mail: lmora@geol-sun.igeolcu.unam.mx

La depositación ácida es uno de los factores de degradación de suelo que favorece la pérdida de cationes importantes para la nutrición de las plantas como calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K). El proceso por el cual se liberan éstos cationes del suelo está asociado a reacciones de intercambio iónico, que ocurre en unos cuantos minutos o algunos días. En algunos suelos llega a ser el proceso más importante para el amortiguamiento ácido. Su intensidad esta relacionado principalmente con las características minerales y la concentración de protones en solución.

En suelos muy intemperizados el intercambio iónico puede tener poca intensidad, porque la fase mineralógica, principalmente arcillas caolinitas, poseen baja capacidad de intercambio catiónico (CEC). Por lo tanto su inherente baja CEC los hace más vulnerable a la acidificación.

Muchos estudios sobre cinética de intercambio iónico determinan la velocidad de la desorción de los cationes para planificar la fertilización de los suelos, y en la mayoría de ellos se ha realizado en arcillas puras, como zeolitas y vermiculitas (Boyd *et al.*, 1947; Jardine and Sparks, 1984). En sistemas heterogéneos se ha realizado pocos trabajos sobre la cinética del intercambio iónico para estimar la velocidad como parámetro de amortiguamiento.

En este trabajo se determina la velocidad de las reacciones de amortiguamiento rápido por Ca, Mg y K en suelos con mineralogía predominantemente caolínica en condiciones de acidificación.

La cinética de amortiguamiento se llevó a cabo mediante experimentos "batch" en muestras de los horizontes Ah y Bt de cuatro perfiles localizados en el sur de Tabasco. En condiciones de pH 7.3 y fuerza iónica y temperatura constantes. Los tiempos de la cinética fueron 0.5 h, 1h, 2h, 4h, 6h, 12h, 24h, 36h, 48h, 72h, 96h y 190h. El Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ se determinó mediante espectrofotometría de adsorción atómica.

Las ecuaciones que mejor describen el comportamiento de los datos experimentales son de tipo exponencial ($C = C_0 + \exp(-Kt)$). Estas ecuaciones muestran que la velocidad de desorción del potasio y el magnesio es más alta que en el calcio. Sparks, 1986 y Sparks and Jardine, 1984, mencionan que esto ocurre porque se trata del intercambio entre dos cationes monovalentes. Mientras que para el intercambio de un catión bivalente por uno monovalente, la reacción implica otro paso en el proceso y es más lenta.

Se concluye que el amortiguamiento del potasio y magnesio es más rápido (<10 horas), que el calcio (<25 horas). Asimismo los perfiles que tienen más reserva de cationes intercambiables poseen mayor capacidad de amortiguamiento.

APLICACIONES A PROBLEMAS AMBIENTALES

GGA-15

ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUBSUELO POR PRODUCTOS PETROLEROS EN AEROPUERTOS DE MÉXICO CON EL MÉTODO SEV.

Vladimir Shevnin¹, Omar Delgado-Rodríguez¹, Aleksandr Mousatov¹, Edgar Nakamura-Labastida¹, Abraham Mejía-Aguilar¹, José Luis Sánchez-Osio² y Héctor Sánchez-Osio²

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: vshevnin@imp.mx

² Ecoexel

Casos muy frecuentes de contaminación del subsuelo son los relacionados con los productos petroleros. Existen dos tipos diferentes de eventos de contaminación-cortos en tiempo (accidentes) y prolongados (derrames desconocidos durante mucho tiempo). Los de primer tipo comúnmente están registrados y el área de contaminación es sometida a un proceso de remediación. Los de segundos tipos pueden estar sin control mucho tiempo y el volumen de subsuelo contaminado puede ser mayor que los primeros. Después algunos meses, la contaminación por productos petroleros genera anomalías de baja resistividad como resultado de los procesos de biodegradación. Para estimar estas zonas es útil aplicar el método de resistividad. Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) son aplicados para tener la ubicación en superficie y en profundidad del medio contaminado. Para lograr una caracterización precisa es necesario conocer las propiedades de las rocas en medios contaminados y no contaminados. Una simulación petrofísica, basada en la resistividad de agua subterránea, es muy útil para estimar los valores de resistividad de las rocas, tanto contaminadas como no contaminadas, determinando así las fronteras eléctricas entre ambos medios. En reporte se presentan ejemplos de aplicación de método SEV para el estudio de la contaminación del subsuelo en zonas de aeropuertos.

GGA-16

APLICACIÓN DEL MÉTODO SEV EN EL ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DE UN CEMENTERIO EN EL MUNICIPIO DE GUSAVE SINALOA, MÉXICO

María A. Ladrón de Guevara Torres¹ y Omar Delgado Rodríguez²

¹ Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Integral Regional de Sinaloa, IPN

E-mail: maladron@ipn.mx

² Instituto Mexicano del Petróleo, México, D.F.

Los cementerios pueden convertirse en fuentes considerables de contaminación de los acuíferos. Contaminantes químicos y bacteriológicos puede afectar el agua subterránea y, durante su explotación y uso, la salud humana.

Varios Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) fueron realizados en una pequeña zona suburbana destinada para cementerio con el objetivo de definir la estratigrafía del área y poder evaluar el riesgo de impacto ambiental para el acuífero principal.

Se determinó la velocidad de infiltración a la profundidad en que son realizadas las sepulturas encontrándose velocidades moderadamente altas, como resultado de una alta permeabilidad en la parte superficial del corte. A partir de la información de los SEV's, se modeló la existencia de un primer acuífero salino confinado a partir de los primeros 2 metros de profundidad, el cual puede ser afectado por el funcionamiento del cementerio que incluye la destrucción del acuitardo.

Información de pozos ubicados en diferentes sitios del municipio ubican el acuífero principal a una profundidad aproximada de 22 m. Los resultados geoeléctricos obtenidos en el área del cementerio, en correspondencia con la información de perforaciones en el área, indican la existencia de una capa de arcilla por debajo del acuífero superficial, lo que disminuye considerablemente el riesgo de contaminación del acuífero principal en el área de estudio.

GGA-17

DETECCIÓN DE ZONAS DE ASENTAMIENTO EN UNA PLANTA INDUSTRIAL POR MEDIO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA

Daniel Saucedo Quiñones y Angel Parra Barrera

Comisión Federal de Electricidad

E-mail: daniel.saucedo@cfe.com.mx

La presencia de asentamientos del subsuelo en los alrededores de una planta industrial en México fue motivo de un estudio geofísico dentro del predio que ocupa dicha planta para localizar la presencia de posibles cavidades y zonas de debilidad en el subsuelo areno-arcilloso, susceptibles de provocar mayores asentamientos y por lo tanto daños a las instalaciones subterráneas de la planta. El área de estudio se

cubrió con 7 perfiles de tomografía eléctrica utilizando el arreglo dipolo-dipolo así como sondeos eléctricos verticales. Debido al ruido eléctrico producido por las tuberías de acero, drenajes y líneas de alta tensión la mayoría de los sondeos eléctricos verticales programados tuvieron que ser descartados y solo algunos pudieron llevarse a cabo. Sin embargo, las mediciones geoelectricas con el arreglo dipolo-dipolo por medio de un dispositivo multielectrónico que promedia las mediciones, permitió un filtrado efectivo del ruido y la obtención de imágenes tomográficas. La interpretación de las condiciones geotécnicas del sitio a través de la integración de las tomografías y la geología del subsuelo del área permitió confirmar que en la zona de estudio no existen cavidades con diámetro mayor a 4 m. Sin embargo fueron descubiertos cuatro alineamientos semiparalelos que fueron asociados con una falla regional. Es probable que se estén desarrollando cavidades a lo largo de estos alineamientos debido al flujo de agua en el subsuelo o bien es factible que se produzcan asentamientos diferenciales debido a las diferencias en la composición de los materiales que conforman el subsuelo como se observa superficialmente en algunas zonas del interior de la planta.

GGA-18

ANÁLISIS ESPACIAL DE LA GEOMETRÍA DE LA FALLA CENTRAL EN LA CIUDAD DE QUERÉTARO UTILIZANDO EL RADAR DE PENETRACIÓN TERRESTRE

Dora Carreón-Freyre, Mariano Cerca y Martín Hernández-Marín
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro
E-mail: freyre@servidor.unam.mx

La falla que afecta a la parte central del Valle de Querétaro (Falla Central, FC) tiene una orientación general N25E y en el tramo norte intercepta a una de las vías más importantes de la ciudad, la Avenida 5 de Febrero, que es una prolongación de la Carretera México-Querétaro. Esta falla presenta desplazamientos verticales de diferente magnitud (desde algunos centímetros hasta más de un metro) y en algunos segmentos varía ligeramente su orientación con respecto a la vía mencionada sin seguir una línea recta. Hacia la parte sur de la ciudad, la avenida mencionada cambia radicalmente de dirección y la falla continua hacia el SW, atravesando zonas residenciales de menor tránsito y bifurcándose en algunas secciones, en estas zonas los desplazamientos verticales también varían de manera notoria. Con el fin de identificar los factores que determinan los cambios de dirección, bifurcación y desplazamiento vertical se llevaron a cabo varios levantamientos con el Radar de Penetración Terrestre (RPT) Zond 12c utilizando diferentes frecuencias de prospección: 2000, 900, 300 y 100 MHz. Los perfiles RPT fueron levantados en direcciones paralela y perpendicular a la traza principal de la falla a lo largo de la misma desde el norte a la altura de la intersección con la Av. Bernardo Quintana, hasta el sur hacia la carretera libre a Celaya. El análisis de los perfiles RPT apoyado con registros de pozos permitió identificar la estratigrafía somera a lo largo de toda la falla (hasta aproximadamente 10 m de profundidad) y las variaciones en la deformación de los

estratos superficiales que se puede explicar con diferencias de compresibilidad, diferencias de espesor y variaciones en la sollicitación a su capacidad de carga (como en las zonas de tráfico más intenso). El análisis también permitió evaluar la influencia de las cubiertas continuas de asfalto u otro tipo de relleno en la propagación del fracturamiento y la detección de zonas de fracturamiento que aún no presentan una manifestación superficial. La relación de la propagación de la energía electromagnética con el contenido de agua y/o la presencia de vacíos en el subsuelo, lo hacen una excelente herramienta para el monitoreo de zonas de debilidad y la correlación estratigráfica de materiales sedimentarios.

GGA-19

INTERPRETACION GEOLOGICA DEL VALLE DE SAN JUAN DEL RIO-CHICHIMEQUILLAS, ESTADO DE QUERETARO, Y SU IMPORTANCIA EN EL DESARROLLO DE LA REGION

Juventino Martínez-Reyes, Luis Miguel Mitre-Salazar, Jorge Arturo Arzate-Flores y Yutis Vsevolod
Centro de Geociencias, UNAM
E-mail: jmr@geociencias.unam.mx

Con una altitud entre 1850 y 1900 m.s.n.m., el valle de San Juan del Río-Chichimequillas (V SJR-CH) corresponde a una planicie orientada NW-SE de unos 60 km de largo por unos 20 km de anchura máxima, ubicada al E-NE de la ciudad de Santiago de Querétaro; sobre esta región se ha enfocado el futuro desarrollo de la entidad queretana.

El V SJR-CH se reparte entre las cuencas hidrológicas de los ríos San Juan al SE y Querétaro al NW, las que geológicamente se localizan en la confluencia de las manifestaciones más septentrionales de la Faja Volcánica Transmexicana, la terminación más oriental de la Sierra Madre Occidental y los afloramientos más meridionales de la Sierra Madre Oriental.

En su entorno regional el V SJR-CH es dominado topográficamente por importantes apilamientos de rocas, las que pueden agruparse en 5 conjuntos litoestratigráficos que pertenecen a los períodos Jurásico-Cretácico y a las épocas Oligoceno, Mioceno, Plioceno y Pleistoceno-Holoceno; el primero de ellos representa el basamento regional.

El V SJR-CH pertenece a una región tectónicamente activa, en donde se interceptan casi ortogonalmente dos sistemas de fallamiento regional: el Tula-Chapala de orientación casi E-W y el Taxco-San Miguel Allende de orientación casi N-S; grandes estructuras volcánicas la circundan: el volcán El Zamorano al N, la caldera de Huichapan al E y la caldera de Amealco al S. La pequeña caldera de Amazcala y pequeñas colinas en su parte central, interrumpen la monótona planicie de este valle.

Los bordes que limitan topográficamente la planicie del V SJR-CH son muy irregulares, lo que impide interpretarlo a priori como una estructura tectónica reciente (graben); la

configuración gravimétrica de la región muestra únicamente la presencia de rocas de baja densidad en el subsuelo alineadas en el sentido del valle, sin límites que pudieran interpretarse como fallamiento reciente.

De lo anterior concluimos que el V SJR-CH no corresponde a un graben reciente, y esta interpretación es importante en la problemática que debe enfrentar el desarrollo de la región.

La información geológica recabada hasta el momento como se menciona permite pensar en que la evolución de los "valles" de Chichimequillas y de San Juan del Río es compleja y aparentemente su origen no es de carácter tectónico, como es el caso de algunos "valles" cercanos ("valle" de Querétaro).

Las posibles aplicaciones que este estudio tienen además de contribuir al conocimiento geológico de la región son diversas, sobre todo en el ámbito del aprovechamiento de los recursos naturales, principalmente del agua y del suelo.

En efecto, el desarrollo de esta región está íntimamente ligada a la presencia de agua, especialmente al agua subterránea. La interpretación simplista que se le da al subsuelo de los valles, con acuíferos regulares tanto vertical como horizontalmente, limitados únicamente por fallas que configuran un graben, tradicionalmente han dado como resultado modelaciones poco confiables y evaluaciones erróneas de este vital recurso.

Se debe tener en cuenta la ubicación de esta región como una de las más dinámicas en el Estado de Querétaro y del Centro de México. El impulso y por ende el crecimiento acelerado que ha mostrado la zona desde el punto de vista industrial, requiere del conocimiento de la capacidad de carga que pueda tener la región para soportar la demanda de recursos, así como los constantes e importantes cambios en el uso del suelo, aspectos de gran importancia para soportar las metas de los programas de desarrollo propuestos.

El poder contar con un marco geológico confiable será un instrumento de gran valor para que los encargados de la planeación puedan con bases más firmes diseñar el desarrollo buscando por una parte no sobrepasar los límites de carga que el medio ofrece y que las modificaciones que se hagan en el medio natural sean lo más armónicas posibles con las funciones de los ecosistemas y se ubiquen dentro del marco del desarrollo sustentable.

GGA-20

ESTUDIOS DINÁMICOS EN EL GLACIAR DE LA PANZA DEL VOLCÁN IZTACCÍHUATL

M. Luna Alonso^{1,2}, H. Delgado Granados², A. Díaz Vera³, E. Cabral Cano², F. Correa Mora² y L. Cárdenas González⁴

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

E-mail: geomark29@hotmail.com

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ INEGI

⁴ CENAPRED, SEGOB

Los glaciares son excelentes indicadores de variaciones y cambios climáticos debido a su rápida respuesta a ellos. La mayor parte de la información glaciológica presente en la literatura es concerniente a los glaciares de altas latitudes. Sin embargo, pocos son aún los trabajos desarrollados en glaciares ecuatoriales e intertropicales. Entre estos últimos se encuentran los glaciares mexicanos, cuya ubicación alrededor de los 19° de latitud N, los hace únicos y de especial relevancia para el conocimiento de los cambios climáticos en estas latitudes.

Este trabajo es parte de una serie de estudios que tratan de caracterizar el comportamiento de los glaciares de México. El presente estudio muestra resultados de campañas de medición en el glaciar La Panza del volcán Iztaccíhuatl que permiten reconocer su dinámica. Para ello, se instaló una red de testigos (estacas) sobre la superficie del glaciar mediante perforaciones llevadas a cabo con un sistema de perforación a vapor construido en el Instituto de Geofísica.

Las estacas fueron instaladas a 6 m de profundidad, dejando 3 m fuera de la superficie perforada y equipadas con prismas geodésicos. Cinco estacas fueron colocadas el 4 de mayo de 1998 y sus posiciones determinadas con un distanciómetro (EDM, por sus siglas en inglés) desde 2 estaciones sobre afloramientos de roca en los costados del glaciar. A su vez, la localización de estas estaciones fue determinada utilizando receptores GPS y posicionamiento estático rápido. El 29 de noviembre del mismo año. Se localizaron de nuevo las estacas y las estaciones utilizando los mismos elementos de medición geodésica.

Los resultados indican poco o nulo movimiento horizontal para la mayoría de las estacas, excepto una de ellas colocada en la zona de mayor pendiente. No obstante, los movimientos verticales en algunas estacas son significativos y rebasan el error de medición. Esto sugiere, posiblemente, que los procesos de ablación son más importantes que los de acumulación y provocan grandes pérdidas en la masa glacial.

GGA-21

**IMPACTO DEL USO RECREATIVO EN LAS PLAYAS
ARENOSAS DE LA BAHÍA DE LA PAZ, BAJA
CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

Paula Angeloni del Castillo
CICIMAR, IPN, La Paz, B.C.S., México
E-mail: p_angeloni@yahoo.com

La zona intermareal es un nexo crítico entre el sistema terrestre y el marino. Las playas arenosas cubren la mayor parte de la zona intermareal en el mundo y contienen diversos organismos bentónicos que reciclan nutrientes y son presa de gran número de aves y peces de la región costera. Las comunidades que habitan esta zona están fuertemente influenciadas por factores físicos como es la exposición al oleaje y a su vez están experimentando una presión antropogénica muy grande; sin embargo éstas han sido objeto de escasos estudios ecológicos que incorporan estas dos variables. Las actividades humanas muchas veces constituyen una perturbación en los ambientes naturales, por lo que evaluar los impactos que éstas producen es crucial para un manejo apropiado de las zonas costeras. Con este fin, el bentos de fondos blandos está siendo muy utilizado como indicador de perturbaciones ambientales tales como la polución. El presente trabajo pretende estudiar la comunidad macrobentónica de las playas arenosas del Sureste de la Bahía de La Paz y comparar los principales atributos de la estructura de esta comunidad con respecto al nivel de uso recreativo que presenten. Los resultados preliminares sugieren que existe una gran diversidad de organismos en el área y una clara evidencia de la influencia del nivel de uso, así como del tamaño de grano del sedimento en la estructura de la comunidad (riqueza y abundancia). El tamaño de grano del sedimento parece influir primariamente en la composición y abundancia de los organismos (a mayor tamaño de grano menor abundancia y diversidad); sin embargo, en general, las playas más visitadas por la población tienen menor riqueza y abundancia de organismos. Los resultados obtenidos (temporada invernal con baja incidencia turística) serán complementados con observaciones hacia el final de esta temporada de verano.

CARTELES

GGA-22 CARTEL

**As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb Y Zn EN SUELOS Y
SEDIMENTOS DE LA SUBCUENCA DEL RIO TURBIO,
EDO. DE GUANAJUATO, MEXICO**

G. Hernández-Silva¹, G. Solorio-Munguía¹, J. Lugo-de la Fuente², P. del Aguila-Juárez², S. Solís-Valdez¹ e I. Mercado-Sotelo²

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.
E-mail: ghsilva@geociencias.unam.mx

² Facultad de Ciencias, Biología, UAEM

La industrialización del corredor León-San Francisco del Rincón ha originado un incremento significativo de descargas de aguas residuales y municipales hacia los suelos, sistemas de riego así como hacia el sistema hidrográfico de la Subcuenca del Río Turbio (SRT). Los objetivos del trabajo fueron: establecer la presencia y distribución de As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn en suelos y sedimentos de la SRT y determinar una posible aportación de contaminantes a través de los sedimentos del fondo del Turbio hacia el Lerma. La localización de los sitios de muestreo se hizo con base en las características geológicas, geoforma, drenaje, pendiente, unidades y uso del suelo, así como obras de ingeniería; se colectaron muestras en un total de 253 sitios georeferenciados. Los suelos se colectaron a una profundidad de 0-25 cm; los sedimentos fueron tomados en los lechos y a lo largo de río, arroyos y canales, planos de inundación y terrazas aluviales y presas. Se digirieron en un horno de microondas utilizando para ello, agua regia. Las concentraciones fueron determinadas en espectrometría de absorción atómica por flama; el As por generación de hidruros. Para visualizar la dispersión de los elementos en la SRT, se utilizó el SIG-ILWIS que incluye el método kriging de interpolación. El As se encuentra principalmente en las zonas de mineralización y en los sedimentos derivados de granito; en la confluencia de los ríos Turbio y Lerma existe una área pequeña con contenidos medios de As que sugiere una escasa aportación hacia el Lerma. El Cd queda catalogado por arriba de los rangos mundiales normales en especial, en la zona norte de la SRT, donde existen minas de Au, Ag, Cu, Pb y Zn, asociadas a ignimbritas, basalto y granito. Las concentraciones más significativas de Cr se ubican desde el sur de León hasta la confluencia de los ríos León y Santiago; por otro lado, parece que hay transporte de Cr a través de los sedimentos del fondo del río Turbio, aunque esta dispersión es errática y fluctuante sin tener aparentemente, una aportación hacia el Lerma. Las cantidades mayores de Ni en suelos y sedimentos se localizan al sur de la sierra Cuatralba, por encima de los niveles normales. Sólo existe una área de dispersión significativa de Pb que se localiza en las cercanías de la mina Todos Santos. En cuanto al Zn, se ubican algunas áreas restringidas y dispersas a lo largo de la SRT por arriba de los rangos internacionales.

GGA-23 CARTEL

DISPERSION DE As, Cu, Cr, Ni, Pb Y Zn EN SUELOS Y SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA SUBCUENCA DEL RIO GUANAJUATO, MEXICO

G. Solorio-Munguía¹, G. Hernández-Silva¹, S. Solís-Valdez¹, J. Lugo-de la Fuente², P. del Aguila-Juárez² e I. Mercado-Sotelo¹

¹ Centro de Geociencias, UNAM Campus Juriquilla, Qro.

E-mail: ghsilva@geociencias.unam.mx

² Facultad de Ciencias, Biología, UAEM

Dentro de la Subcuenca del Río Guanajuato (SRG) la actividad minera en la sierra, sobresale por su importancia a nivel mundial. Esta actividad económica ha causado problemas en el entorno ambiental de la subcuenca; por lo tanto, los objetivos del trabajo fueron establecer la dispersión y acumulación de As, Cu, Cr, Ni, Pb y Zn en suelos y sedimentos superficiales de las SRG; clasificar las áreas con diferentes concentraciones y determinar el posible transporte de elementos a través de los sedimentos del fondo del río Guanajuato con posibles aportaciones al río Lerma. El diseño del muestreo de campo se hizo con base en la geología, geoforma, sistema de drenaje, pendiente, unidad y uso del suelo así como obras de ingeniería, obteniéndose muestras de 156 sitios georeferenciados. Las muestras fueron analizadas por espectrometría de absorción atómica de flama; sólo el As fue analizado con generador de hidruros. Para interpretar la dispersión de los elementos, se elaboraron sus respectivos mapas, utilizando para ello, el SIG-ILWIS que cuenta con el método krogging de interpolación. También se llevaron a cabo diferentes análisis estadísticos para ver la relación que existe entre el contenido de los elementos y algunas características físicas y químicas de los suelos y sedimentos. La mayor contribución y dispersión de los elementos de estudio en la SRG proviene de la influencia y proximidad de minas y áreas de mineralización de la parte correspondiente a la sierra de Guanajuato. El As se concentra principalmente en los sedimentos y suelos de la sierra por arriba del rango mundial; otra área de cierta importancia la constituye el norte de Irapuato y la desembocadura con el río Lerma; se sugiere un transporte moderado de As hacia el Lerma a través de los sedimentos del fondo del río Guanajuato. El Cu presenta algunas áreas por encima del rango mundial asociadas a actividades mineras e industriales, con un posible movimiento lento a lo largo de los sedimentos del fondo del río Guanajuato, sin representar algún impacto en el Lerma. El Cr se relaciona con actividades mineras, con probable movilidad media hacia el río Lerma. El Ni tiene una dispersión muy restringida con niveles superiores a los rangos mundiales. El Pb se encuentra por arriba de los promedios mundiales en algunas áreas de la SRG; se asocia principalmente a los jales de las minas. El Zn se relaciona con actividades mineras con probable aportación media hacia el río Lerma.

GGA-24 CARTEL

ADSORCIÓN DE PLOMO POR CULTIVOS VEGETALES IN VITRO TOLERANTES A LA SEQUÍA

M. Bocanegra Salazar, M.C. Alfaro de la Torre, R.F. García de la Cruz

CIEP, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P., México

E-mail: rgarcia@uaslp.mx

La contaminación de suelos por plomo es un problema importante a nivel mundial dado su impacto negativo en la salud y en la agricultura. En la remediación de estos suelos contaminados se emplean tratamientos químicos, físicos y biológicos, los cuales tienen la limitación de ser muy costosos. Algunas especies vegetales poseen la capacidad de crecer en suelos altamente contaminados debido a que han desarrollado mecanismos que les permiten tolerar/regular estos contaminantes. También existen reportes que indican que plantas expuestas a déficit hídrico incrementan su capacidad de acumular metales pesados. Se sabe que plantas nativas comunes del semidesierto mexicano como la *Larrea tridentata* o "gobernadora" son capaces de acumular Pb y Cu en raíces, tallos y hojas y podrían utilizarse como fitoremediadores. Esta planta se encuentra ampliamente distribuida en el Altiplano Potosino. En este trabajo se estudió su capacidad de adsorción de Pb utilizando cultivos vegetales in vitro y se comparó con la presentada por cultivos de *Capsicum cardenasii* y *Capsicum annum*, los cuales fueron adaptados en el laboratorio a diferentes grados de tolerancia a la sequía, inducida ésta con polietilenglicol. Se utilizó tejido indiferenciado de estas especies vegetales, el cual se suspendió en NaNO₃ de concentración conocida conteniendo 0.1 mol/ L de Pb y se determinó la remoción del metal en función del tiempo. La concentración del metal en la solución se midió mediante Voltamperometría. Se estudió el efecto de la fuerza iónica (I), el pH y la relación sólido/solución sobre la adsorción de Pb por los cultivos vegetales. Los resultados mostraron que *L. tridentata* presentó una mayor capacidad de adsorción de plomo comparada con la de los cultivos de *C. cardenasii* y *C. Annuum*. Las condiciones a las cuales se observó la máxima adsorción del metal (33 mg Pb/g de cultivo) fueron $I \geq 0.01$ M, $pH < 6$ y una proporción sólido-solución de 0.6 g/L. Es interesante hacer notar que se observó una correlación directa entre el grado de tolerancia al déficit de agua que presentan los cultivos vegetales in vitro y la capacidad de adsorción de plomo. El incremento en la adsorción del metal en los cultivos vegetales tolerantes a la sequía podría interpretarse como una modificación en la síntesis y arreglo de los componentes estructurales que desarrollan las células vegetales en respuesta al estrés de agua.

GGA-25 CARTEL

DETERMINACIÓN DE FÓSFORO ASOCIADO A ÓXIDOS DE HIERRO NATURALES EN SEDIMENTOS ACUÁTICOS. OPTIMIZACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS

R.Y. Pérez Rodríguez¹, M.C. Alfaro de la Torre¹ y M.A. Huerta Díaz²

¹ CIEP, Facultad de Ciencias Químicas, UASLP

E-mail: alfaro@uaslp.mx

² Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, México

El hierro que llega a los ecosistemas acuáticos se acumula en los sedimentos por difusión de la columna de agua o por sedimentación con las partículas. En el agua, Fe (II) disuelto formado en los ambientes reducidos, puede ser oxidado a Fe (III) cuando se encuentra en presencia de ambientes no reductores. De esta manera se forman precipitados finos de óxidos de Fe con diferentes grados de ordenamiento cristalino llamados colectivamente oxihidróxidos de Fe. Algunos elementos traza y nutrientes se adsorben y/o coprecipitan con éstos óxidos y de esta manera son transportados hacia los sedimentos. En las aguas continentales, el fósforo es un nutriente limitante para el desarrollo de la vida acuática. Se piensa que se adsorbe a los óxidos de Fe de reciente precipitación lo cual limitaría su disponibilidad para los organismos acuáticos y explicaría las muy bajas concentraciones de fósforo disuelto en los ecosistemas acuáticos naturales no perturbados. Se ha demostrado que existe una correlación positiva entre PT y FeT en los sedimentos pero se desconoce la fracción de estos óxidos (ferrihidrita, lepidocrocita y hematita) a la que se asocia el P y que pueda explicar las bajas concentraciones en el agua y su biodisponibilidad.

Se implementó la extracción de óxidos de Fe, de sedimentos naturales utilizando un sedimento certificado (MESS-2, NRCC, Canadá). Las muestras se trataron con soluciones de NH₂OH.HCl 0.04M en 25% (v/v) de CH₃COOH a 30°C y 75°C y con citrato-ditionito-bicarbonato (CDB) para extraer operacionalmente ferrihidrita, lepidocrocita y hematita. Después de cada etapa de extracción el sedimento se trató con agua o MgCl₂ 0.5M para eliminar el exceso de solución extractante y evitar la readsorción de P nuevamente al sedimento; los resultados indican que MgCl₂ es más adecuado para evitar la readsorción de P. Se determinaron P y Fe en los extractos y en las soluciones de lavado por Espectrofotometría de Emisión de Plasma (ICP). Los resultados sugieren que la fracción de ferrihidrita representa el 13% de los óxidos de Fe totales extraídos y la lepidocrocita el 26%. Se estimó la distribución de P en los óxidos de hierro y se observó que este se asocia principalmente a la fracción de ferrihidrita (62-80%) u óxidos de hierro amorfos. Este método de extracción se aplica actualmente para estudiar la asociación de P a los óxidos de Fe en sedimentos naturales obtenidos en ríos del sureste de México.

GGA-26 CARTEL

GEOPHYSICAL STUDIES FOR SUBSIDENCE AND SOIL FISSURING ASSESSMENT IN A SEDIMENTARY BASIN: THE CASE OF "EL VALLE DE AGUASCALIENTES"

Arzate Jorge¹, Yutis Vsevolod², Martínez Juventino¹, Arroyo Moisés³ and Pacheco Jesús¹

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

E-mail: arzatej@geociencias.unam.mx

² Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N.L.

³ Posgrado en Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas, Querétaro, Qro.

Land subsidence and soil fissuring are phenomena connected to groundwater extraction in sedimentary basins. The rapid depletion of the aquifers induces ground compaction and differential settlements. The stress increment within the drained sediments triggers the consolidation phenomenon in the compressible soil layers. If the rock basement is irregular, not only vertical but also horizontal displacements are induced and therefore tension stresses appear on the soil mass. When the water level continue falling then ground fissuring occur at the location of tensile zones. The amount of sinking and the fissure geometry are closely related to the thickness and mechanical properties of the ground mass above aquifer system, which in fact may vary with time. In order to find out the location of present and future appearance of ground fissures it is necessary to know the structure of the basin bedrock. The more accurate the basement rock relief is known, the better models of ground subsidence can be achieved (e.g. Rojas *et al.*, 2002), and hence, the better decisions can be made to manage the aquifer system and avoid further infrastructure damage. In this work we present the results of a geophysical study aimed to model a graben structure and the influence it has on the generation of surface fissuring.