

Sesión Regular

# **GEOHIDROLOGÍA**

Organizadores:

Graciela Herrera Zamarrón  
Antonio Cardona Benavides

GEOH-1

### GEOHYDROLOGICAL STUDY AT THE SOUTH WEST OF CIUDAD JUAREZ, CHIHUAHUA

Dena Ornelas Oscar Sotero<sup>1</sup>, Obeso Cortez Griselda Janeth<sup>1</sup>, Rascon Mendoza Ezquiel<sup>2</sup>, Gómez Domínguez Francisco Javier<sup>2</sup> y Granados Olivas Alfredo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

<sup>2</sup>Junta Municipal de Aguas y Saneamiento  
ornelas@uacj.mx

Communities located in the arid system of the Chihuahua desert get their freshwater supply chiefly from groundwater resources since almost none of the surface waters are perennial nor sustainable levels of raining are recorded. Ciudad Juárez, one of the most dynamic communities located in the Chihuahua desert, demands an ongoing groundwater exploration strategy in order to supply freshwater to its fast growing population. To do so, geophysical surveys, gravity and Time Domain Electromagnetic (TDEM), have been conducted at the South Westerly city's territorial reserve over terrains planned to be developed. A total of 800 gravity stations and 25 TDEM were collected and modeled with the primary specific goal of determining the limestone basement geometry and the thickness and composition of the overlying sedimentary package. The geophysical findings determined the location of an exploratory well to calibrate the subsurface geology. Basement topography and sediment fill maps were produced, and the ultimate and overall goal of locating a fresh water supply well yielding more than 40lt/s was achieved.

GEOH-2

### ESTUDIO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DE LA CUENCA DEL MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO HUEHUETLAN EN LA PORCION NORESTE DEL ESTADO PUEBLA

Martínez Ruiz Gerardo, Morales Carrera Sara Nohemí y Aquino Flores Judith  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
gerardomartinezuiz\_@hotmail.com

El propósito del estudio efectuado fue para determinar la génesis de la cuenca, su control estructural, así como su secuencia litoestratigráfica y su granulometría, para determinar la red de flujo dentro de la cuenca.

El área de estudio comprende un área de 30 Km. localizado a 45 Km; al noreste de la Ciudad de Puebla, por la carretera Huehuetlán Izúcar de Matamoros,

fisiográficamente la zona comprendida en la porción sureste de la Sierra del Tenzo y la Sierra Madre del Sur, Geomorfológicamente la zona presenta un metamorfismo regional, tomando como referencia lo propuesto por Ortega – Gutiérrez (1975), y lo observado en campo.

Por lo que concluimos que la cuenca es de origen tectónico. Está se encuentra rodeada por estructuras plegadas y fracturadas compuestas principalmente de rocas metamórficas (gneis, esquistos, filitas), sedimentarias (calizas, lutitas) y algunos cuerpos ígneos, todas estas intemperizadas.

Hidrogeológicamente encontramos una cuenca conformada por drenajes radiales que convergen hacia las zonas bajas, también encontramos cinco manantiales (Azuchilera, Exoyohualco, Tlaxomulco, Ahuahuatza y Ticruz) de pie de monte que descargan en dos ríos afluentes (ojo de agua y bravo). Que convergen en el río Huehuetlan. Dentro de la cuenca encontramos 8 pozos someros perforados en las márgenes de los ríos; geológicamente la cuenca está formada por rocas metamórficas del Paleozoico como basamento, cubriendo discordantemente; en esta encontramos depósitos del Terciario correlacionables con la formación Coatzingo depositados alternadamente de sedimentos lacustre y aluviales, de los que destacan arcillas ( color rojas, verdes, cremas ) arenas color oscuros de grano fino a medio, limos arcillosos (color gris, blancas); así como también conglomerados poligmíticos con clastos de calizas redondeados emplazados en una matriz arenosa, también encontramos esporádicamente calizas tipo mudstone de color gris así como también de color blanco por la disolución de calcio, así como la presencia de lentes de yesos (espato satinado, silvita), en arcillas

Por lo que el modelo conceptual de la cuenca considerando está compuesto por dos tipos de acuífero (libres, acuitardos) contenido en un medio poroso granular semiconsolidado, con espesores que van de 100 m en los márgenes, a 200 m en el centro con una estratificación arritmica y discordante; con detritos intercalados de grueso a finos por la presencia de arcillas, arenas, limos y conglomerados

GEOH-3

### CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE ZAACHILA, OAXACA, MÉXICO, COMO BASE PARA UN MANEJO RACIONAL DEL RECURSO

Belmonte Jiménez Salvador I.<sup>1</sup> y Campos Enriquez Oscar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN, Oaxaca

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

sjimenez@ipn.mx

Se realizó un estudio multidisciplinario en el Valle de Zaachila, Oaxaca, México con el propósito de conocer las características hidrogeológicas, y obtener un modelo numérico del sistema acuífero que actualmente se explota y es fuente de abastecimiento a la ciudad de Oaxaca y otras comunidades conurbadas en un 90%.

Para determinar las características geológicas tectónicas regionales de la zona, se efectuaron estudios geofísicos a partir de mediciones gravimétricas y magnetométricas determinándose la profundidad del basamento geohidrológico. La interpretación de los datos de estos métodos indica que se trata de una fosa de origen tectónico tipo semigraben, cuya firma geofísica se relaciona con la falla de Oaxaca, siendo el límite entre los terrenos tectonoestratigráficos Zapoteco al poniente y Cuicateco al oriente.

Para conocer la geometría del acuífero libre que corresponde a la parte somera, se aplicaron métodos geofísicos de resistividad y electromagnéticos, es así que se realizaron 35 sondeos eléctricos verticales (SEV), 5 perfiles electromagnéticos usando bobinas EM-34, cuya interpretación por la técnica de inversión de datos permitió elaborar secciones geoelectricas donde se infiere la resistividad y espesores de la alternancia de materiales granulares cuya estratigrafía corresponde a una mezcla heterogénea de arenas, gravas y lentes arcillosos.

También se utilizó el método sísmico de refracción en la parte central del valle para corroborar los resultados obtenidos con los métodos de resistividad y EM-34. Los resultados indican que la velocidad de la zona aluvial es aproximadamente 6 veces mayor que la del primer reflector que constituye el basamento geohidrológico.

Para conocer las propiedades geohidrológicas como transmisividad hidráulica, se realizaron pruebas de bombeo, y con la información del espesor de la zona saturada, se determinó la conductividad hidráulica. La porosidad estimó a partir de la formula de Archi, y pruebas de campo. La piezometría se obtuvo midiendo los niveles freáticos y la cota en los pozos con un GPS postproceso.

Resultados preliminares a traves del modelado numerico, indican que se empiezan a formar zonas de abatimientos en la parte central del valle debido a la sobreexplotación del acuífero, aunado a la deforestación, cambio de uso del suelo y del clima. Además la contaminación por el Río Atoyac que cruza este valle juega un papel importante en la calidad de éste.

La simulación del sistema acuífero ha puesto de manifiesto los cambios significativos que se han reflejado en la disminución de los niveles potenciométricos, y ha puesto en evidencia los riesgos que se corren de seguir el mismo sistema de explotación del vital líquido.

GEOH-4

### DETERMINACIÓN DE ÁREAS CON MAYOR SUSCEPTIBILIDAD Y POTENCIALIDAD ACUÍFERA; BASADA EN MÉTODO DE EXPLORACIÓN ELÉCTRICA (SEV), EN EL MUNICIPIO DE TEPEYANCO TLAXCALA

Flores Flores Alfredo, Vázquez Serrano Alberto, Muñoz Máximo Ignacio y Canales Meza Andrea  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
alfred\_ff@hotmail.com

El área de estudio se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas entre los 19 grados 15 minutos latitud norte y 98 grados 14 minutos longitud oeste, ubicado en el Altiplano Central Mexicano a 2 260 metros sobre el nivel del mar. Regionalmente comprenden las Cuencas de varios ríos importantes en cuanto a su longitud y caudal, mismos que controlan el patrón de circulación de las principales corrientes, siendo las siguientes: Zahuapan, San José Amaxac, La Mancera y el río Atoyac (Enciclopedia de Municipios de México). Los recursos hidrográficos localmente está constituido por arroyos de caudal permanente; arroyos con caudal sólo durante la época de lluvias; su clima se considera semiseco templado, con Régimen de lluvias en los meses de Mayo a Septiembre y parte de Octubre. La precipitación promedio mínima registrada en el Municipio es de 1.8 milímetros y la máxima de 249.6 milímetros. INEGI (1994). El territorio de Tlaxcala queda comprendido Geomorfológicamente dentro de la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico y la subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac; (Atlas Nacional de México 1990). Hasta el momento se ha realizado un reconocimiento geológico superficial donde observamos afloramientos de Andesita, Basalto, Brecha Volcánica. Apelando esta información ala Formación Tlálloc y Formación Tarango, descritas por Castro G. R. (1999); Tezontle que probablemente pertenecen al terciario superior y el suelo lacustre limo-arenoso de color blanco del terciario inferior que fue cortado por Derrame de Emisión volcánica producido por una falla normal, toda esta estructura es cubierta por pseudoestratificación de productos Piroclásticos por erupción del Volcán Malinche del pleistoceno. (Alba-Aldave et al., 1996). En la zona del valle encontramos material Aluvial, Limolitas, Areniscas y Gravas de granulometría de baja a mediana. INEGI(1986). El agua es el recurso más valioso e indispensable

para el progreso de una localidad; así como para la Comunidad Mundial. Se aplicó el Método de Prospección Eléctrica (SEV) para determinar las áreas de mayor potencial y susceptibilidad acuífera dentro del Municipio; también sirvió para ver las diferencias litológicas y estructurales del subsuelo de cada posible zona potencial. Este trabajo fue requerido por los habitantes por lo que tienen proyectos de producción agrícola principalmente; que con ello les permite optimizar costos y tiempo de exploración garantizando puntos específicos para un mejor aprovechamiento y distribución de este vital líquido en sus cultivos; ya que de esta producción agrícola depende el sustento económico, social, cultural, a sí como contribuir al abasto de alimentos del estado y país.

GEOH-5

#### EXPERIENCIAS EN LA EXPLORACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA TRANSICIÓN DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL Y EL ALTIPLANO, MUNICIPIO DE GALEANA, NUEVO LEÓN

Masuch Oesterreich Dirk, Yutisis Vsevolod, Krivosheya Konstantin, Garza Juan Arturo y Tamez Ponce Antonio  
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL  
gis@fct.uanl.mx

La zona de la transición entre la Saliente de Monterrey y el Altiplano Mexicano en el Estado de Nuevo León es un área de generalmente pocos recursos de agua potable aptos para el consumo humano. En el Municipio de Galeana, NL, una parte de la población ejidal no tiene acceso a suficientes fuentes de agua para satisfacer las necesidades. Las fuentes de agua existentes comprenden pozos profundos, norias y manantiales de poco gasto o de aguas saladas.

Durante el 2008 y el 2009 se llevaron a cabo estudios hidrogeológicos con el fin de determinar sitios para la perforación de pozos de agua potable en siete ejidos del Municipio de Galeana. Para la determinación de estos sitios se contaron con experiencias previas de estudios hidrogeológicos en la Curvatura de Monterrey.

Se buscaron el agua dentro de las formaciones calcáreas de la región, de preferencia dentro de la formación Cupido, perforando en los flancos de los sinclinales, siempre y cuando la accesibilidad del terreno permitió la operación del equipo de perforación.

Cinco de los siete pozos están completados hasta este día, con presencia de agua de calidad potable en todos los cinco pozos. Los gastos varían entre 5 a 10 l/s. Se encontraron el nivel piezométrico a profundidades de 30, 130, 150, 198 y 248 metros, respectivamente.

Los sistemas hidráulicos en la zona estudiada son sistemas profundos que requieren un entendimiento estructural de la posición de los pozos en relación al acuífero. Se verificó el concepto que los flancos de los sinclinales presentan zonas de mayor potencial de presencia de agua. En un caso fue posible localizar y alcanzar con un pozo la facies arrecifal dentro de la formación Cupido, lo cual resultó en el pozo de mayor gasto de esta campaña de exploración.

Uno de los pozos pendientes está perforado actualmente en la formación Zuloaga en el núcleo de un anticlinal invertido, por la falta de la presencia de los acuíferos cretácicos.

Se presentarán los modelos geológico-estructurales de la posición de los siete pozos y el razonamiento para la determinación del lugar.

GEOH-6

#### VERY HIGH RESOLUTION SEISMIC PROFILING IN THE CERRO PRIETO WATER RESERVOIR, NE MEXICO: BOTTOM TOPOGRAPHY, RECENT SEDIMENTATION AND WATER BALANCE

Yutisis Vsevolod<sup>1</sup>, Levchenko Oleg<sup>2</sup>, Jens Lowag<sup>3</sup>, Krivosheya Konstantin<sup>1</sup>, De León Gómez Héctor<sup>1</sup>, Kotsarenko Anatoly<sup>4</sup>, Masuch Oesterreich Dirk<sup>1</sup>, Estrada Solís Ana<sup>1</sup> y Perales Martínez Brenda<sup>1</sup>

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

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

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

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

vyutisis@hotmail.com

Cerro Prieto Dam is located 130 kms. SE of Monterrey and 20 Kms. NE of Linares and it is one of the principal sources of potable water of Monterrey, industrialized city with a population of about four million inhabitants. Cerro Prieto water reservoir is characterized by very high velocity of recent sedimentation, high sub-bottom seepage and erosion, and as a result, nonlinear water balance. These phenomena never were studied since construction of the dam in the beginning of 1980th. So the goal of our work was to investigate the bottom topography and also sub-bottom near surface structure using the parametric acoustical effect.

High-resolution sub-bottom profiling, using the Innomar SES-2000 compact echosounder, was carried out in Cerro Prieto Dam during February-April of 2008. The survey was conducted onboard of a small motor boat. The SES transducer was mounted on the front side of the boat using light metal pipe, and all electronic equipment was installed on the deck. Accurate positioning of the boat was reached

by GPS. Average speed was 8-10 km/h. Innomar's software tool ISE provides near real-time post-processing of the collected SES data and operation procedure could be corrected on-line. Acoustic signal ensured vertical resolution of 10-15 cm at acceptable penetration up to 15 m. Bathymetry map was compiled assuming average sound velocity of 1450 m/s.

The irregular bottom topography of Cerro Prieto dam was discovered. The present elevation of the water surface is about 181 m above sea level, and the lake depth varies from 1-2 to 28 m.

The SES records show a distinct bottom layer of recent sediments by 0.5 – 4 m thickness which follows reservoir floor topography. Very specific acoustic anomalies, which seem to be related with gas sediments, are observed. The integrated SES, gravity, magnetic and geoelectrical data interpretation allows assuming a series of the superficial fractures focused in a NW direction, perpendicular (NE-SW) to the general deep fault zone. Self-potential anomalies and natural electrical horizontal gradient are associated with north-east direction of the seepage flow. The strong negative SP anomaly (-90 mV) is associated with water infiltration through the fractures of the reservoir bottom. Preliminary estimation shows water loss by infiltration up to 30 billion of cubic meters per year.

Hydrological balance for the Cerro Prieto water reservoir has been analyzed for last two decades. The procedure comprises standard hydrological modeling as implemented in Arc/Info as well as a cell-based modeling of water depth and storage volumes. In both procedures the Digital Elevation Model for Linares and surrounding areas from INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía, e Informática) was used. Grid spacing is 30 x 30 m. There are three types of water level fluctuations on the Cerro Prieto dam: long-term (yearly), seasonal (sub-annual), and short-term (daily) fluctuations. Fluctuations in Dam water levels result from several natural factor and human influences. Analysis of this data shows nonlinearity of hydrological cycle and, as a result, uncertainty in the water balance, which may range from 2.5 up to 30-35%.

GEOH-7

#### PROYECTO PRELIMINAR DE EXPLORACIÓN GEOLÓGICA Y GEOFÍSICA EN LA POBLACION DE SAN AGUSTÍN AHUEHUETLA Y SUS POSIBLES IMPLICACIONES HIDROGEOLÓGICAS EN VALSEQUILLO PUEBLA

Muñoz Máximo Ignacio, Amador García Bernardo Ignacio y López Valdivia Erika Nallely  
Laboratorio de Geofísica Computacional, BUAP  
rexj24@yahoo.com

La presa Manuel Ávila Camacho (Presa Valsequillo) ubicada en las coordenadas geográficas 18°54.20'42"N y 98°10.45'17"W a una altura promedio de 2064 msnm, ha sido ampliamente estudiada con la finalidad de poder obtener la recuperación de este cuerpo de agua que actualmente se encuentra con un alto nivel de contaminación, geológicamente el área se encuentra rodeada por depósitos de tobas, basaltos y andesitas de acuerdo a la información de la carta geológica Cuernavaca 1:250,000 del Servicio Geológico Mexicano. Estudios realizados durante el año 2008 por parte de investigadores de la BUAP rebelaron la presencia de cobre inmerso en la composición química del agua del lago Valsequillo en porcentajes que alcanzaron máximos entre el 35 al 40%, estos resultados obtenidos en un principio fueron adjudicados a que alguna empresa establecida en la región vertiera este elemento implícito en el desalojo de sus aguas desecho. Gracias a los datos recopilados en un caminamiento geológico cercano a la población de San Agustín Ahuehuetla ubicado a 15 minutos al sur de la presa Manuel Ávila Camacho fue posible identificar en campo la presencia de lechos rojos (?) intercalados de manera intermitente con estratos delgados de roca caliza (10 a 20cm) que se encuentra en contacto con algunas arcillas verdes con un espesor variante de unos cuantos centímetros (5 -15cm) a algunos metros (2-4m) en superficie, en uno de dichos contactos se encontró preliminarmente en muestra de mano la presencia de malaquita (Carbonato de Cobre) en pequeñas cantidades dispuesta de manera paralela en una franja entre el contacto de los estratos de caliza, arcillas verdes y los lechos rojos(?). La presencia de este mineral de cobre podría implicar una afectación directa en la calidad del agua durante el proceso de recarga de los acuíferos o bien incorporarse de manera directa al entrar en contacto con algún cuerpo de agua, por ello se plantea la necesidad de emprender un estudio geológico detallado así como la aplicación de los métodos geofísicos magnético y eléctrico para poder entender de manera precisa la distribución espacial de los minerales de cobre y la distribución espacial de los acuíferos subterráneos cercanos a esta localidad, identificando plenamente si existe o no una relación entre los niveles de cobre reportados en el lago Valsequillo con las manifestaciones minerales de carbonato de cobre detectadas parcialmente en esta población.

GEOH-8

### CONSTRUCCIÓN DE UN SIG, PARA EL MANEJO DE INFORMACIÓN DE UN PROYECTO EMBLEMÁTICO DE CUENCA

Hernández Andrade Marco Antonio<sup>1</sup>, Silva García José Teodoro<sup>2</sup>, Ochoa Estrada Salvador<sup>2</sup>, Villalpando Barragán Fabian<sup>2</sup> y Nava Velazquez Jaime<sup>2</sup>

<sup>1</sup>El Colegio De Michoacán

<sup>2</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN, Michoacán  
pin8@colmich.edu.mx

Una de las metas contempladas en el Programa Nacional Hídrico es la conceptualización e implantación de los proyectos emblemáticos asociados al agua. Se considera como un proyecto emblemático, aquel que es de alto beneficio social y que puede ser concluido en un período de cinco años, o bien que se puede lograr un avance sustantivo en dicho período que permita asegurar su continuidad y culminación en el mediano plazo.

Como medio facilitador del manejo de la información con temas multivariados, se creó el Sistema de Información Geográfica (SIG) del saneamiento integral de la cuenca del río Duero, a efecto de facilitar el análisis de los procesos ambientales y sociales que ocurren en la cuenca, así como para el uso posible en la toma de decisiones de parte de la CONAGUA como organismo desarrollador.

La cuenca del río Duero se ubica en el noroeste del estado de Michoacán y se delimita por las coordenadas 19°40' y 20°15' latitud norte y 101°45' y 102°45' longitud oeste. Perteneció a la jurisdicción administrativa No. VIII Lerma-Santiago-Pacífico, dentro de la Región Hidrológica No. 12 Lerma-Santiago, específicamente en la denominada Subregión Hidrológica Bajo Lerma.

Los criterios considerados se basaron en exponer de manera gráfica los elementos cuantitativos y cualitativos propios del estudio. Se distinguen apartados que ilustran una descripción general de la cuenca; la problemática encontrada a través del diagnóstico general, las propuestas de solución enfocadas al saneamiento, resultados y análisis del taller de planeación participativa, identificación de actores clave y un programa de inversión del programa de acciones debidamente consensuado. Cabe advertir que las capas de información se pueden activar (visualizar) o desactivar voluntariamente como se explica en un manual de operación elaborado ex profeso.

GEOH-9

### EVOLUCIÓN DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO EN LOS ÚLTIMOS 35 AÑOS EN LA COMUNIDAD LA MAGDALENA CUAYUCATEPEC, MUNICIPIO DE TEHUACÁN PUEBLA

Cid Villegas Gonzalo, Vázquez Serrano Alberto y Ramón Márquez Víctor Manuel  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
gozalo21xy@hotmail.com

La Magdalena Cuayucatepec es una comunidad perteneciente al municipio de Tehuacán Puebla, que se localiza a 12 Km al noroeste de la Ciudad, siendo una comunidad con menos de 10,000 habitantes, es una de las principales junta auxiliares que abastece de agua potable a la Cd. Tehuacán desde hace más de 10 años, sin embargo, la población tiene una gran carencia del servicio de agua potable. Contando con 10 colonias, existe un gran desabasto del servicio en 5 de ellas.

El presente trabajo tiene como objetivo primordial establecer la evolución de los niveles piezométricos del acuífero dentro de la población, además de la definición de los posibles mecanismos que han influido en el desarrollo del acuífero en los últimos 35 años. Esto a través de un levantamiento de encuestas y entrevistas realizadas a los pobladores de las colonias que presentan una mayor cantidad de pozos noria y el del monitoreo de algunos dentro de la comunidad.

La zona de estudio fue conocida, como una población agrícola muy prospera, debido a la gran cantidad de agua con la que contaba, hace ya más de 35 años, inclusive, llegó el momento en que la misma comunidad empezó a inundarse, lo cual hizo emigrar a los pobladores a las partes topográficas más elevadas. Debido a la basta cantidad de agua con que contaba la junta auxiliar se decidió ceder agua para la Cd. de Tehuacán, colocando así 5 pozos profundos que alimentan a la cabecera municipal.

Hoy en día, de encontrar el agua a menos de un metro, el NAF se encuentra a más de 10 metros, además de notar variaciones laterales en los niveles piezométricos considerables a distancias muy cortas. Si bien el descenso de las aguas dentro de la población se debe a la sobre explotación que se ha dado en el acuífero, no es el único mecanismo que ha influido de manera considerable para el abatimiento de los niveles de agua en la comunidad, ya que uno de los factores cruciales en este fenómeno es la gran cantidad de fracturas y fallas que se encuentran debajo de toda la zona de estudio, además de los sismos registrados en la región que pudieron activar, frenar o reactivar dichas fracturas y fallas.

GEOH-10

### MODELACIÓN DE ZONAS DE RECARGA EN EL ACUÍFERO DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Hernández Rendón María del Carmen<sup>1</sup> y Álvarez Béjar Román<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM  
carmen\_mex@yahoo.com.mx

Se presenta la aplicación de un modelo numérico que simula el flujo de agua subterránea en la zona de Milpa Alta Xochimilco con el propósito de que sea una herramienta para evaluar el balance hidráulico en diferentes escenarios de explotación. La región de estudio se ubica al sur de la Cuenca del Valle de México y es una de las principales zonas de recarga del acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. En el norte y noreste se ubica un campo de pozos operado por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) que explican la fluctuación en los niveles estáticos, mostrando un abatimiento promedio de 78 cm. por año. El modelo se desarrolló con base en sistemas de información geográfica por las ventajas que presenta para el manejo integrado y sistemático de la información y porque brinda la posibilidad de correlacionar variables de tipo sociodemográfico y económico con la información que proporcionan modelos físicos. Se utilizó un valor máximo de  $4 \times 10^{-4}$  m/s para la conductividad hidráulica, K, y de 0.07 para el coeficiente de almacenamiento, S. Tomando en cuenta la información proporcionada por el SACM y la distribución de pozos en la región se definieron cuáles de éstos serían puntos de observación para validar los resultados de la simulación. La geometría en 3-D se construyó de acuerdo con la información geológica disponible así como con la carta topográfica y el modelo digital de elevación escala 1:50,000 elaborados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Para estimar la recarga, se tomaron en cuenta: precipitación, evaporación, uso del suelo, vegetación, tipo de suelos y topografía. Se empleó información climatológica producida por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). La ecuación de flujo se resolvió con el método de elemento finito utilizando elementos triangulares que son apropiados para el tratamiento de problemas en geometrías irregulares. Se introdujo la aplicación del esquema 'theta' de descomposición de operadores de tal forma que se obtuvo un método de dirección alternante que resulta eficiente desde el punto de vista computacional. La interacción de la zona de estudio con el sistema regional se cuantificó mediante las condiciones de frontera. Los algoritmos se desarrollaron en Matlab debido a que en este ambiente de programación es posible ejecutar simulaciones sin necesidad de usar interfaces para incorporar datos y visualizar resultados en sistemas de información geográfica, además de que se pueden generar archivos para desplegar resultados en servidores Web. El modelo reproduce de manera aceptable aunque parcial los niveles estáticos. Para obtener resultados más precisos se requiere información consistente, así como caracterizar adecuadamente el medio fracturado y representarlo explícitamente en el modelo.

GEOH-11

### MODELO DE FLUJO DEL ACUÍFERO DE SAN LUIS POTOSÍ, SLP.

Kohn Ledesma Ingrid Alejandra<sup>1</sup>, Flores Márquez Elsa Leticia<sup>1</sup> y Escolero Fuentes Oscar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

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

ingridkl@gmail.com

El acuífero de San Luis Potosí, tiene problemas graves como son: un creciente abatimiento en los niveles potenciométricos, altas concentraciones de flúor en algunas zonas, baja recarga por precipitación, contaminación en el acuífero somero, entre otras.

Por consiguiente, se desarrolló un modelo de flujo en 3D con el software Visual Modflow, para proporcionar alternativas de explotación para el año 2015, de manera que se produzca un menor desequilibrio al acuífero. El modelo se integró con la topografía de la zona obtenida de INEGI, sondeos eléctricos verticales realizados por A. Cardona, e información sobre litología y extracciones obtenidas de CONAGUA e INTERAPAS (organismo responsable de la distribución de agua potable en la conurbación de SLP). Posteriormente se simuló escenarios de extracción con distintas tasas de crecimiento poblacional anual, distintos caudales de bombeo y cambiando también la localización de los pozos de extracción.

Los resultados obtenidos muestran que al aumentar la extracción debido al aumento poblacional, el área correspondiente a un cierto abatimiento, duplica su área de influencia sin que necesariamente se haya duplicado el número de habitantes. Por otro lado, el modelo también muestra que si se reduce un 30% la extracción de la zona con mayor abatimiento (Ciudad de San Luis Potosí y su zona Industrial), hay una recuperación de 10 metros en el nivel del agua en 7 años. Y el resultado más importante, es que se observó que si se reubican a un costado de la Sierra de San Miguelito, algunos de los pozos localizados en la Cd. de SLP, los cuales extraigan el mismo 30% del volumen que se redujo en los pozos de la ciudad, el abatimiento permanece sin cambio, permitiendo extraer el volumen de agua que demanda la población, sin crear un mayor desequilibrio en el acuífero.

GEOH-12

### SIMULACIÓN NUMÉRICA DE PRUEBAS DE BOMBEO EN SITIOS GEOLÓGICAMENTE HETEROGÉNEOS

Ochoa González Gil Humberto, Carreón Freyre Dora y Ortiz Villaseñor Ignacio  
 Centro de Geociencias, UNAM  
 gil@geociencias.unam.mx

La interpretación de pruebas de bombeo ha estado basada, desde hace varias décadas, en soluciones propuestas por diferentes autores que asumen que el acuífero debe satisfacer condiciones restrictivas en relación a su homogeneidad, continuidad, isotropía, horizontalidad, etc. Es claro que en la mayor parte de los casos estas hipótesis no reflejan las condiciones geológicas que prevalecen en los sitios de estudio. Para este trabajo se han realizado pruebas de bombeo en el Valle de Querétaro en sitios con variaciones estratigráficas documentadas por lo que no se pueden utilizar los métodos de interpretación gráficos convencionales. De acuerdo a nuestro trabajo de correlación litológica de pozos en estos lugares existe heterogeneidad de materiales tanto en el sentido vertical, por los procesos de depósito y emplazamiento de materiales volcánicos y sedimentarios, como en el sentido horizontal por la presencia de fallas geológicas. Además, en algunos sitios de estudio se ha documentado la presencia de flujos locales, intermedios y regionales.

Intentar una interpretación suponiendo que las fallas geológicas son una frontera funcionando como un punto de recarga o una barrera, además que el flujo es totalmente horizontal y en sentido únicamente radial hacia el pozo; podría llevar a una estimación de parámetros hidráulicos que no reflejen las verdaderas propiedades de los materiales.

Las pruebas realizadas en tres pozos tuvieron una duración variable entre 24 y 72 horas de bombeo, en dos de estos pozos el caudal fue constante y en el tercero fue variable. Para medir el abatimiento en el pozo de extracción se instalaron sensores automáticos de nivel y temperatura, además se tomaron muestras de agua para medir en campo parámetros físico-químicos como sólidos disueltos, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, condiciones de oxido-reducción. También se obtuvieron muestras para caracterización hidrogeoquímica en laboratorio.

En todos los pozos se observó una correlación entre cambios de nivel y de temperatura sin embargo la forma de las curvas tiempo vs. abatimiento no se ajusta en toda su longitud con la configuración que tendrían las curvas teóricas para sistemas acuíferos que cumplan las hipótesis mencionadas. En dos pozos estas curvas coinciden en el tramo inicial para ciertos valores de conductividad y en el tramo final para diferentes valores, lo que corrobora la heterogeneidad del sistema.

Con el fin de integrar la heterogeneidad geológica al comportamiento hidráulico del sistema se realizaron modelos matemáticos computacionales con el programa MODFLOW. Estos representan geoméricamente la distribución de los materiales en los sitios en donde se realizaron las pruebas de bombeo. El uso de estas simulaciones permitió calcular el abatimiento teórico para diferentes configuraciones de condiciones de frontera y para diferentes propiedades hidráulicas de los materiales. Con este análisis se determinó la dinámica del agua subterránea en los alrededores de los sitios estudiados y la influencia de las fallas geológicas como parte del sistema de flujo.

GEOH-13

### ACTUALIZACIÓN DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA DEL ACUÍFERO DE GUAYMAS, SONORA

Manjarrez Guerrero Delia Guadalupe, Vega Granillo Eva  
 Lourdes, Meza Figueroa Diana María y Herrera Carbajal Socorro  
 Universidad de Sonora  
 geol\_deliang@hotmail.com

El presente trabajo forma parte de un proyecto para aplicar el modelo matemático Visual Modflow para prevenir la entrada de agua de mar al acuífero del Valle de Guaymas, Sonora, así como proponer una posible remediación del área ya afectada por la intrusión salina.

El modelo Visual Modflow es una interfase gráfica, cuyo núcleo es el paquete de modelación de acuíferos Modflow elaborado por el USGS. El Modflow es un modelo numérico que simula el flujo de agua subterránea, utilizando el enfoque de diferencias finitas centradas en un bloque.

Inicialmente, se hará un modelo de flujo que determine la velocidad y dirección de movimiento del agua subterránea. Si se cuenta con los datos suficientes, se hará un modelo de transporte del agua salina que está entrando al acuífero.

Para el modelo de flujo, se determinarán las entradas y salidas de agua al sistema. Las entradas consideran el marco hidrogeológico, las condiciones de frontera, las propiedades hidráulicas del acuífero, y la distribución y magnitud de los parámetros geohidrológicos (flujo horizontal, recarga vertical, evapotranspiración, bombeo o inyección de agua, etc.). Las salidas determinan las cargas hidráulicas y las velocidades de flujo subterráneo.

Esta ponencia muestra los avances que se tienen a la fecha respecto a los datos de entrada, como los cálculos de algunos parámetros hidrológicos (precipitación, escurrimiento y evapotranspiración) y el establecimiento del marco hidrogeológico

(trabajo de reconocimiento geológico y muestreo hidrogeoquímico). Asimismo, se presenta la discretización espacial del acuífero.

GEOH-14

### MANEJO DE RECURSOS HIDRÁULICOS EN LA CUENCA DE MÉXICO: ESTADO ACUTAL Y ESCENARIOS ALTERNATIVOS

Carrera Hernández Jaime  
 Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica  
 jaime.carrera@ipicyt.edu.mx

Las políticas de manejo de recursos Hidráulicos en la Cuenca de México, donde se encuentra la Ciudad de México y sus cerca de 20 millones de habitantes son analizadas en este trabajo. Después de una breve descripción de cómo el agua ha sido manejada, diferentes alternativas de manejo que pueden cambiar la situación actual son discutidas y se hace un llamado a cambiar la actitud defensiva que se ha tenido en el manejo del agua desde la fundación de la Ciudad hasta nuestros días. Debido a que el costo de reemplazo del acuífero es considerado como la pauta para la adecuada implementación de tarifas de suministro de agua, es determinado mediante el costo de posibles fuentes de agua futuras. El costo de reemplazo varía entre 0.65 y 0.72 USD/m<sup>3</sup>, lo cual corresponde al doble de la tarifa actual del Distrito Federal (0.34 USD/m<sup>3</sup>), donde el 45% de los usuarios de agua doméstica de la Ciudad se localizan. Como alternativa, el desarrollo de un programa de recarga artificial al acuífero es también analizado, encontrando que es una posible vía para aumentar el suministro de agua, con un costo unitario de 0.605 USD/m<sup>3</sup>. A pesar de la existencia de estas alternativas, se sugiere que el manejo de los recursos hidráulicos en la Cuenca de México cambie en la forma en la que se realiza, enfocándose en el manejo de la demanda de agua y no en incrementar el suministro. Se recomienda el uso de un modelo hidrogeológico integral para el desarrollo de políticas adecuadas para el adecuado manejo del agua en la Cuenca de México.

GEOH-15

### ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN RÍO BLANCO, JALISCO, MÉXICO

Peña García Laura Elizabeth<sup>1</sup>, Maciel Flores Roberto<sup>1</sup>, García Velasco Javier<sup>1</sup>,  
 Madrigal Ortiz Miguel<sup>2</sup>, Guzmán Arroyo Manuel<sup>1</sup> y Rosas Elguera José<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup>Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara  
 plaurae@gmail.com

El área de estudio, Río Blanco, es una zona rural; ubicada en la parte oriental del municipio de Zapopan, Jalisco.

Guadalajara requiere tanto el agua superficial como la subterránea para satisfacer las necesidades de su población. Las principales fuentes de abastecimiento de agua son Chapala (70%) y subterránea (30%), proveniente de los acuíferos ubicados en Toluquilla – Atemajac; siendo la última región mencionada, el área de estudio.

En la zona de Río Blanco se ha definido que existen dos acuíferos, uno somero (< 20 m), que tiene como base un flujo piroclástico definido como una ignimbrita y es accesible por medio de norias; y otro profundo (> 50m) cuya base es una andesita, la comunicación entre ambos se da por medio de fracturas y fallas, así como la porosidad primaria de las rocas subyacentes. El acuífero somero es aprovechado por los lugareños como agua potable y riego de sus parcelas; de igual manera el profundo ha sido sobreexplotado por medio de pozos, por parte del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), con el fin de suministrar agua a la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Los acuíferos aprovechados por la población de Río Blanco, Jal., tiene una recarga regional en el mismo municipio de Zapopan Jal. Esta zona de recarga, está amenazada por la deforestación, impermeabilización del suelo por actividades urbanas, excesiva extracción de agua por medio de pozos profundos y presencia de fuentes generadoras de contaminantes. Hasta la fecha se ha dado un abatimiento del nivel freático de 100 m en algunos pozos (Universidad de Guadalajara, 2006). Históricamente la cuenca de Tesislán (Cortes, 1993), no tiene un buen manejo.

Más del 40% de la morbilidad mundial se atribuye a factores ambientales, en donde los principales afectados son niños menores de cinco años de edad, este grupo representa aproximadamente el 10% de la población mundial (Prüss-Ustún & Corvalán, 2006).

En el presente trabajo se utilizó la metodología propuesta por Martínez de Bascaran (1979) para el análisis del Índice de Calidad del Agua (ICA), la cual es ampliamente utilizado debido a su diseño sencillo y a que permite incluir X número de variables en la integración, previa ponderación de su magnitud; siendo entonces aplicable a series de datos, tanto numerosas como pequeñas.

Se ubicaron 30 sitios de muestreo. El periodo de estudio fue 2007 y 2008. Se realizaron 2 muestreos uno durante la temporada de estiaje y otro posterior al periodo de lluvias. Durante el muestreo del 2007 el ICA fue en 57% de los sitios de muestreo, aceptable; 33% fue de levemente contaminada y 10% contaminada. Para el 2008, el ICA en 63% de los sitios de muestreo fue aceptable, 30% fue levemente contaminada y 7% contaminada.

Los parámetros que más contribuyeron a la disminución de la calidad del agua en 2007, fueron los nitratos, pH y oxígeno disuelto. En 2008 los parámetros que mermaron la calidad del agua fueron: nitratos, nitritos, pH, oxígeno disuelto, cloruros, sulfatos, coliformes totales y los sólidos disueltos.

GEOH-16

### AGUA DE NORIAS Y POZO CON ALTAS CONCENTRACIONES DE NITRATOS Y NITRITOS, Y EFECTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN MENOR DE CUATRO AÑOS, EN RÍO BLANCO, JALISCO, MÉXICO

Peña García Laura Elizabeth<sup>1</sup>, Maciel Flores Roberto<sup>1</sup>, García Velasco Javier<sup>1</sup>,  
Madrigal Ortiz Miguel<sup>2</sup>, Guzmán Arroyo Manuel<sup>1</sup> y Rosas Elguera José<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup>Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara  
plaurae@ymail.com

El área de estudio, Río Blanco, es una zona rural; ubicada en la parte oriental del municipio de Zapopan, Jalisco, México. Se ha definido que existen dos acuíferos, uno somero, que tiene como base un flujo piroclástico definido como una ignimbrita y es accesible por medio de norias; y otro profundo cuya base es una andesita, la comunicación entre ambos se da por medio de fracturas y fallas, así como la porosidad primaria de las rocas subyacentes. Es un área de infiltración del acuífero en donde se desarrollan actividades predominantemente agrícolas, para lo cual se requiere una gran cantidad de agroquímicos, mismos se que lixivian y contaminan los acuíferos con nitratos y nitritos; siendo esta agua, de donde la población de Río Blanco, abastece sus necesidades por medio de norias.

En países en vías de desarrollo, como México, los niños tienen 13 veces más probabilidades de morir, antes del quinto año de vida. Algunos factores que favorecen esta situación son: la carencia de agua potable, instalaciones sanitarias inadecuadas, vivienda insalubre, presencia de fauna nociva o vectores, contaminación del aire interior de las viviendas y exposición a sustancias peligrosas (UNEP, 2002).

El nitrógeno es un ingrediente básico de los fertilizantes artificiales. El uso, a nivel mundial, de los fertilizantes subió de menos de 14 millones de toneladas en 1950, a 135 millones de toneladas en 1996. Otra fuente de nitrógeno en agua subterránea, son las descargas de agua residual sin tratamiento. Generando en consecuencia, metahemoglobinemia en niños bebedores de agua subterránea (UNEP, 2002), (OMS, 2003) y (OMS, 2008).

En la comunidad de Río Blanco existe el riesgo de que la salud de los niños menores de cuatro años se pueda ver afectada, debido a varios factores. El primero es que en la cuenca, históricamente, la actividad predominante fue la agricultura. El segundo, son las fosas sépticas que en la comunidad alguna vez se construyeron. El tercero, es que 58.3% de los habitantes de Río Blanco utilizan el agua de noria para la preparación de sus alimentos y el hecho de que los lactantes sanos bebedores de agua de noria, entre 4 y 6 meses, tienen una mayor predisposición de padecer metahemoglobinemia. Los factores que favorecen este padecimiento son la inmadurez en el sistema metahemoglobina reductasa, mayor susceptibilidad de la hemoglobina fetal a ser oxidada y un pH gástrico elevado que promueve el sobre crecimiento bacteriano con mayor transformación intestinal de nitratos en nitritos, que son tóxicos. Otro factor de riesgo que, aunado a todos los anteriores, favorece aun más a padecer metahemoglobinemia son los alimentos. Entre los que se encuentran las zanahorias, que son consumidas por el 63% de los niños, las salchichas (75% de los niños las comen), el jamón (71%), tocino (50%), chorizo (54%) y queso de puerco (13%). Un dato relevante es que, el 58% de los niños se encuentran expuestos al tabaquismo pasivo. Finalmente el haber encontrado en 23.3% en 2007 y 25.9% en 2008, de los sitios de muestreo concentraciones de nitratos superiores a 10.00 mg/l.

GEOH-17

### HIDROMETEOROLOGÍA DE LA ZONA MONTAÑOSA DE SINALOA ENFOCADA AL ESTUDIO DE LA CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA

Santana López Pedro<sup>1</sup> y Brito Castillo Luis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Sonora  
p.santana@live.com.mx

La disponibilidad de agua en la región montañosa de Sinaloa es dependiente de la alta variabilidad de las lluvias, y donde además la población es altamente vulnerable a la disponibilidad de recursos hídricos (tanto en cantidad y calidad). Con el fin de identificar estas aéreas vulnerables, se realiza un estudio para observar donde existe un deterioro de la calidad físico-química del agua para consumo humano y uso agropecuario, y así explorar la relación causa-efecto según la temporada de secas o de lluvias. Estos estudios se llevaron a cabo realizando campañas de monitoreo piezométrico y de toma de muestras de agua bajo tres condiciones: antes, durante y después del temporal de lluvias en la zona de los Altos de Sinaloa. El análisis de parámetros físico-químicos en las muestras se hizo in situ, con ayuda de un YSI en el mismo lugar de la toma, y además se llevo a cabo una recolección de muestras, a las que posteriormente se les realizaron diferentes análisis físico-químicos, de nutrientes y microbiológicos,

en un laboratorio acreditado. Los resultados de análisis de laboratorio serán procesados mediante técnicas estadísticas de análisis multivariado, como el método de funciones empíricas ortogonales con objeto de identificar los modos de variación espacial más importantes, y el consecuente estudio de relaciones causa-efecto mediante la identificación, atribución y consecuencias. El estudio forma parte del proyecto de tesis de maestría del primer autor.

GEOH-18

### PREDICCIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS LIGEROS NO ACUOSOS EMPLEANDO DATOS HIDROGEOLÓGICOS DE CAMPO Y MODELOS ANALÍTICOS

Hernández Espriú Antonio y Arias Paz Alberto  
Grupo de Hidrogeología, Facultad de Ingeniería, UNAM  
ahespriu@dictfi.unam.mx

En esta investigación se presenta un análisis predictivo de la recuperación de producto libre de hidrocarburo (LNAPL) empleando datos hidrogeológicos de campo y modelos analíticos. El área evaluada corresponde a un sitio agrícola localizado a 35 km al noroeste de Guadalajara (Jalisco, México), donde se derramaron cerca de 600,000 litros de diesel que impactaron cenizas volcánicas y depósitos piroclásticos poco consolidados de composición ácida e intermedia. Estos materiales geológicos forman un acuífero somero (colgado) que hidráulicamente se comporta como libre y su uso se destina al riego de la región. La profundidad del nivel estático varía de 5 a 9.5 m, su espesor saturado se estima que es de 20 m y está separado del acuífero de abastecimiento (profundo) por un acuitardo muy poco estudiado.

Los objetivos se centraron en: (1) establecer el modelo hidrogeológico conceptual del acuífero somero, (2) caracterizar la pluma de LNAPL y (3) predecir la tasa de recuperación de producto libre evaluando diversas estrategias de remediación. Para ello, se llevaron a cabo las siguientes actividades en el sitio contaminado: (a) prospección de gas en la zona no saturada (25 sondeos a 4 m de profundidad), (b) prospección geoelectrica (11 sondeos eléctricos verticales a una penetración de investigación de 60 m), (c) perforaciones ambientales (17 en total) a profundidades variables de 6 a 15 m, (d) instalación de 11 piezómetros, (e) muestreo discreto de suelo, (f) muestreo y monitoreo del agua subterránea, (g) monitoreo de los espesores aparentes de LNAPL y (h) ejecución de slug tests (10 pruebas) interpretadas por los métodos de Hvorslev (1951), Bouwer y Rice (1976) y Bouwer (1989), Dagan (1978) y el modelo del Kansas Geological Survey (KGS Model, 1994).

Los datos de campo se analizaron con detalle y se aplicó el modelo API/Charbeneau (Charbeneau et al. 1999; Charbeneau et al. 2000 y Charbeneau, 2003) que se basa en soluciones analíticas que consideran las propiedades hidrogeológicas del medio y de los fluidos con un enfoque multifásico (agua-aire-hidrocarburo), para predecir, con base en modelos de flujo en medios parcialmente saturados (Brooks y Corey, 1964 y van Genuchten, 1980), la distribución vertical de la saturación de hidrocarburo y la permeabilidad relativa, así como la variación del volumen específico de hidrocarburo en función del espesor medido de LNAPL en los piezómetros instalados en campo.

Además, el modelo API/Charbeneau se utilizó para predecir la recuperación de LNAPL simulando las siguientes tecnologías: (a) pozos con skimmers, (b) pozos de extracción dual, (c) bioslurping y (d) recuperación con trinchera. La integración de los datos de campo y los resultados del modelo, permitieron optimizar la recuperación teórica de LNAPL en la subsuperficie para diseñar la mejor estrategia de remediación.

GEOH-19

### EFECTO DE LA VARIACIÓN ESTACIONAL DEL NIVEL FREÁTICO EN LA REMEDIACIÓN DE UN ACUÍFERO CON PRESENCIA DE HIDROCARBUROS FRACCIÓN MEDIA

Saval Bohorquez Susana y Lara Guerrero Fernando  
Instituto de Ingeniería, UNAM  
ssavalb@iingen.unam.mx

En un terreno de tipo granular se registró la presencia de hidrocarburos fracción media cuya fase libre alcanzó el nivel freático local. Durante la recuperación del producto libre éste disminuyó sensiblemente cuando el nivel de agua ascendió en la temporada de lluvia. Con objeto de evaluar el efecto de la variación estacional del nivel del agua en las actividades de extracción se realizaron pruebas de permeabilidad tipo slug test, y se registró la variación del nivel estático (#NE) y del espesor de producto libre (#Ho), en lluvia y estiaje, respectivamente, durante tres años continuos. La conductividad hidráulica (Ka) promedio del acuífero es de 0.015 m/d, la evolución del nivel (#NE) registró un ascenso de 4.0 m, mientras que (#Ho) descendió 1.40 m, para el mismo periodo. La relación de (#NE) vs (#Ho) muestra una correlación negativa donde un ascenso de NE nivel reduce #Ho hasta en un 80%. Lo anterior, es resultado de la mayor viscosidad del hidrocarburo y de una menor conductividad de éste (KH) con respecto a la del acuífero (KH<Ka), así como al drenaje de la fase residual durante el descenso del nivel. Como una alternativa para aumentar la extracción de producto libre en época de estiaje se incrementó el número de pozos y se instalaron dispositivos de recuperación pasiva para el periodo de lluvia.

GEOH-20

### INSTRUMENTACIÓN Y MONITOREO DEL SISTEMA ACUÍFERO DEL VALLE DE QUERÉTARO

Ortiz Villaseñor Ignacio<sup>1</sup>, Carreón Freyre Dora<sup>1</sup>, Barrón Medellín Ignacio Ponciano<sup>2</sup> y Gamez González Francisco Javier<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Comisión Estatal de Aguas de Querétaro

<sup>3</sup>Comisión Nacional del Agua, Querétaro  
iortiz@geociencias.unam.mx

El nivel piezométrico del agua subterránea en el Valle de Querétaro, ha descendido en un rango de 3 a 170 m de profundidad en las últimas tres décadas. Se ha documentado que se trata de un acuífero multicapa en el que el flujo subterráneo está condicionado por la estratigrafía y estructura del subsuelo, en donde fallas y fracturas pueden actuar como barreras o canales de flujo (Carreón-Freyre, et al., 2005).

A medida que desciende el nivel piezométrico las variaciones estratigráficas y estructurales determinan complejos patrones de flujo, lo que se hace necesario sistemas de monitoreo confiables que permitan su identificación y caracterización. Se instrumentaron y monitorearon 10 pozos "testigo" a un nivel 2 o de semidetalle (Carreón-Freyre et al, en prensa) con sensores automáticos que miden nivel piezométrico y temperatura; se programaron en un régimen de intervalo fijo a cada hora. El notable intervalo de variación de estos parámetros indica la influencia de las condiciones geológicas locales para cada pozo. Por ejemplo, en un pozo ubicado cerca de la zona centro del Valle se registró un ascenso y descenso de 3.6 m en un intervalo de 8 meses, en contraste en un pozo ubicado al sur del Valle, cerca del Cerro El Cimatarío, conserva un nivel casi constante durante el mismo periodo. Para un pozo localizado al Noroeste del Valle se registraron tres eventos "puntuales" de variación de nivel y temperatura con una relación inversa entre sí que podría indicar aportaciones locales.

Los datos obtenidos de los sensores se integraron al análisis de 5 años de evolución de la red piezométrica de la Comisión Estatal de Aguas de Querétaro (CEAQ) para los años 2003 a 2007. Se generaron superficies piezométricas mediante una interpolación lineal, ubicando dos depresiones una en la localidad de San Pedro Mártir y otra en la zona Agrícola al Sur-Oeste del Valle.

GEOH-21

### APLICACIÓN DE LA GEOESTADÍSTICA Y UN FILTRO DE KALMAN EN EL DESARROLLO DE REDES DE MONITOREO: CASO VALLE DE SAN LUIS POTOSÍ

López Álvarez Briseida<sup>1</sup>, Herrera Zamarrón Graciela<sup>2</sup> y Cardona Benavides Antonio<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica

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

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
briseida.lopez@ipicyt.edu.mx

El agua subterránea representa un recurso indispensable y único en muchos lugares como en zonas áridas. La implementación de una red de monitoreo permite obtener la disponibilidad y posibilidad de aprovechamiento del agua subterránea, además de determinar el estado y la detección o predicción de cambios. Debe ser una de las actividades más importantes para apoyar las estrategias y políticas de protección y conservación del recurso hídrico subterráneo. El acuífero de San Luis Potosí (SLP) está ubicado en la zona urbana de la capital del estado del mismo nombre con un área aproximada de 1,980 km<sup>2</sup> y constituye la principal fuente de abastecimiento de agua para todos los usos en casi el cuarenta por ciento de la población total del estado, además de contentar la mayor parte de la actividad industrial. El crecimiento acelerado de la zona conurbada de SLP y el desarrollo industrial ha generado una mayor demanda de agua cuyo potencial es reducido, trayendo como consecuencia el aumento en la generación de aguas residuales, que sin un tratamiento adecuado, son utilizadas para riego de cultivos con un alto impacto en la contaminación del acuífero somero. Por lo anterior resulta evidente la importancia de la implementación de redes óptimas de monitoreo de los niveles y de la calidad del agua para el acuífero de San Luis Potosí.

A partir de un análisis geoestadístico y la aplicación de un método de optimización junto con un filtro de Kalman y la base de datos proporcionada por el área de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, la red de monitoreo óptima de carga hidráulica del acuífero profundo quedó conformada por 35 pozos con un error cuadrático medio de 3.774 m<sup>2</sup> y que representa una reducción en la varianza total en un 95%. En la red óptima de calidad para el acuífero somero los parámetros utilizados fueron arsénico (As), conductividad eléctrica (CE), cloruro (Cl) y nitrato (NO<sub>3</sub>), éstos se escogieron por la problemática de calidad del agua del acuífero somero y por el número de datos disponibles por arriba del límite de detección, quedó formada por 36 norias con una varianza normalizada total del 97%. La primera, monitorea el comportamiento de los niveles piezométricos del acuífero profundo y la segunda las variaciones en la calidad del agua subterránea del acuífero somero de San Luis Potosí.

GEOH-22

### DISEÑO ESPACIO TEMPORAL DE UNA RED DE MONITOREO PIEZOMÉTRICA

Briseño Ruiz Jessica<sup>1</sup> y Herrera Zamarrón Graciela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
jevabrir@hotmail.com

Las redes de monitoreo piezométricas permiten generar información de los niveles piezométricos en diversas localizaciones y tiempos de muestreo. Con estos datos se crean series de información histórica de la medición de los niveles piezométricos del agua subterránea de un acuífero o de algún área de estudio. Esta información resulta indispensable primero para analizar y conocer el comportamiento de los niveles de un acuífero, y en segundo lugar para lograr una gestión eficaz del acuífero minimizando los impactos de la extracción del agua subterránea.

El diseño de las redes de monitoreo consiste en determinar las posiciones de los pozos de monitoreo así como su programa de muestreo en cada pozo en función de los objetivos del monitoreo. Tradicionalmente en los diseños de redes de monitoreo las decisiones de monitoreo involucran al espacio como punto central y no incluyen la variable tiempo en el diseño. Un método que involucra el espacio y el tiempo de forma combinada es el propuesto por Herrera (1998) y aplicado por Herrera y Pinder (2003). Esta metodología se propuso originalmente para diseñar redes de monitoreo de calidad del agua mediante la selección tanto de la posición de muestreo como los tiempos de muestreo en forma conjunta, reduciendo de esta forma el número de muestras necesarias y satisfaciendo los objetivos del muestreo. En este trabajo se prueba por primera vez el método para el diseño de redes piezométricas. El primer paso del método consiste en la generación de realizaciones del In de K mediante simulación secuencial gaussiana. Con el modelo estocástico de flujo se simularon las distribuciones de carga hidráulica derivadas del campo aleatorio del In de K. Finalmente aplicando la metodología de Herrera, se realizó el diseño de la red de monitoreo piezométrica en un caso de estudio sintético basado en una representación simplificada del acuífero del valle de Querétaro.

Los resultados presentados indican que la metodología propuesta por Herrera y Pinder para el diseño de redes de monitoreo tiene buenas perspectivas para aplicarse exitosamente a redes de monitoreo piezométricas.

GEOH-23

### INFLUENCIA DEL MEDIO GRANULAR EN LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO AL OCCIDENTE DE VERACRUZ

Arias Paz Alberto, Hernández Espriú Antonio y Vidal García Martín C.

Grupo de Hidrogeología, Facultad de Ingeniería, UNAM  
ariasapaz@servidor.unam.mx

La zona de estudio se localiza en la Provincia Fisiográfica Planicie Costera del Golfo en la vertiente del Golfo de México y comprende el sector occidental de la Ciudad de Veracruz, particularmente el área se encuentra en la Provincia Geológica Cuenca Deltática de Veracruz.

El objetivo de esta investigación fue el de analizar los factores geológicos e hidrogeológicos que controlan la recarga del acuífero aledaño al del Puerto de Veracruz, en un medio limitado para captar y ceder volúmenes de agua.

La zona cuenta con un acuífero libre en medio granular correspondiente a un paquete de rocas del Cuaternario que agrupan a las unidades de areniscas y tobas, así como los depósitos de conglomerados, depósitos litorales, depósitos eólicos, depósitos aluviales y debido a la naturaleza misma de los horizontes arcillosos interdigitados, éstos le confieren al acuífero semi-confinamientos a nivel local.

De acuerdo con la interpretación de pruebas de bombeo mediante un método alternativo, la conductividad hidráulica promedio del medio granular es del orden de 17 m/día; estas limitaciones están relacionadas con los ya mencionados depósitos arcillosos que implican un almacenamiento bajo. El nivel de saturación se localiza a 20 metros de profundidad en promedio, cuya recarga subterránea se lleva a cabo desde las zonas topográficamente altas localizadas hacia el poniente. La precipitación promedio es del orden de 1500 mm/año debido al clima característico del Golfo de México siendo la infiltración del orden del 10% al 13% del volumen precipitado; sin embargo en años lluviosos, éstos volúmenes generan recuperaciones inmediatas en el nivel de agua del acuífero.

Se censaron 165 obras de captación como lo son: norias cuyas profundidades varían de 6 a 12 metros, así como pozos agrícolas y de agua potable equipados con bombas sumergibles con profundidades que varían desde 45 a 150 m; los caudales instantáneos en los pozos equipados superan en algunos casos los 60 lps. Es importante resaltar que existen más de mil norias diseminadas cuyos caudales varían de 0.5 a 2 lps.

De acuerdo con la información antecedente y de este estudio, el balance de aguas subterráneas indica que el ingreso horizontal es el más importante de las entradas al sistema acuífero (40.8 Mm<sup>3</sup>/año) y es prácticamente con lo que cuenta la población para su sustentabilidad.

Por otra parte, con la información disponible y con la finalidad de contar con mayor información se implementó un modelo de simulación hidrodinámico.

Finalmente es importante resaltar que las actividades hidrogeológicas realizadas en el área, no involucran la Zona Industrial y el área urbana de Veracruz, por lo que los esquemas de niveles de saturación, el balance subterráneo y la calibración del modelo de simulación se verían modificados al tomarlos en cuenta.

GEOH-24

### MODELACIÓN HIDROLÓGICA DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN LA SUBCUENCA SANTA ROSA, BAJA CALIFORNIA

Moraila Martínez Teresita de Jesús y Kretzschmar Thomas  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada  
tmoraila@cicese.mx

El escurrimiento superficial toma su lugar en el ciclo hidrológico como parte de la precipitación que aparece en las diferentes corrientes superficiales y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores. El estado de Baja California se caracteriza por tener un clima árido donde la mayor cantidad de agua se encuentra almacenada en los pocos acuíferos, siendo la precipitación la principal fuente de abastecimiento. Por lo que, el conocer la cantidad de recursos hídricos en una región, toma gran importancia para su mejor manejo y sustentabilidad. La cuenca Guadalupe, ubicada al norte de la entidad, cuenta con un área 2400 kilómetros cuadrados aproximadamente, y es uno de los principales acuíferos ya que cumple la función de abastecer las demandas de agua para la realización de las diferentes actividades económicas, así como la de proveer de la misma a la ciudad de Ensenada. El área de estudio, es la subcuenca Santa Rosa y forma parte de la cuenca Guadalupe, cuenta con un área de 67 kilómetros cuadrados. El objetivo final de este trabajo es la realización de un modelo de escurrimiento superficial en la región, mediante el empleo del método desarrollado por The Natural Resources Conservation Service (NRCS) llamado Método de Curvas Numeradas, el cual es el más utilizado para predecir volúmenes de lluvia escurrida. Dicho método depende de los siguientes factores: 1) Grupo hidrológico de suelos, 2) Tipo de cobertura superficial, 3) Tratamiento, 4) Condición hidrológica y 5) Condiciones previas de humedad del suelo. Dicho trabajo consistió primeramente en definir la geometría del área de estudio; análisis de datos de precipitación, temperatura media y evaporación potencial; posteriormente trabajo de campo y análisis de laboratorio; y finalmente con el objetivo de mejorar la resolución espacial de los parámetros necesarios para la definición de Curvas Numeradas se procedió a analizar datos de satélite.

GEOH-25

### RELACIÓN LLUVIA – ESCURRIMIENTO EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA (ZMG)

Álvarez Pozos Sandra Luz, Rosas Elguera José, Gaeta Dorado Martha y Delgado Vázquez Marco Antonio  
Universidad de Guadalajara  
sandixal@yahoo.com.mx

Las inundaciones que ocurren cada año en la zona metropolitana de la ciudad de Guadalajara (ZMG) en la temporada de lluvias son debido a la combinación de factores urbanos y climáticos. Agentes como el crecimiento del área urbana que invade los cauces naturales incrementa las áreas impermeables induce que cuando se presente una tormenta que supere la norma del drenaje (50 mm/m<sup>2</sup>/h) haya un mayor escurrimiento hasta llegar a provocar una inundación.

El problema es que no se conoce la intensidad de lluvia que provoca un escurrimiento máximo y provocan estas inundaciones en la temporada, así como el impacto y vulnerabilidad en donde ocurren. En este trabajo se evalúa las tormentas en cuanto a intensidad de precipitación en totales de precipitación en 24:00 horas utilizando la clasificación propuesta por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) utilizando las series de precipitación (1960-2000) información perteneciente a la Comisión Nacional del Agua (CNA).

Se calculan los Hietogramas e Hidrogramas Urbanos del periodo (1940-1960) de las tormentas máximas ocurridas en la ZMG utilizando el método de Chow para determinar el escurrimiento en la zona utilizando la información perteneciente del Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara.

GEOH-26

### SISTEMAS DE FRACTURAMIENTO Y SU RELACIÓN CON LA INFILTRACIÓN EN LAS CUENCAS LA ESPERANZA, SANTA ANA Y LA SOLEDAD, GUANAJUATO, MÉXICO

Morales Gámez Miguel<sup>1</sup>, Ramos Arroyo Yann René<sup>2</sup>, Mejía Gutiérrez Ana Yvonne<sup>1</sup> y Cárdenas Rodríguez Martimiano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería en Geociencias, Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro

<sup>2</sup>Departamento de Geomática e Hidráulica, Universidad de Guanajuato  
mglmsgz@gmail.com

En los arroyos de las cuencas La Esperanza, Santana y La Soledad de la región de Guanajuato hidrogramas del caudal muestran la permanencia de un flujo base durante la época de estiaje. La aparente relación entre recarga de las aguas

subterráneas y zonas forestadas no explica satisfactoriamente la conservación de dicho flujo, por lo que en este trabajo se plantea que el flujo base está relacionado íntimamente con los sistemas de fracturas relacionados a cada litología que aflora en la región de estudio. La relación entre infiltración y las diferentes familias de fracturas en cada una de las litologías nos ha permitido estimar el volumen de agua almacenado durante la época de lluvias.

Las litologías que afloran en la zona de estudio básicamente han sido correlacionadas con roca del terreno Guerrero, metamórficas y rocas extrusivas del Oligoceno, de esta manera, en el sur de la zona estudiada aflora la diorita La Palma, del Mesozoico, en la cual predominan dos familias de fracturas con orientaciones de NW-SE y ESE-WNW. Las rocas metasedimentarias mesozoicas en la parte central y norte, presentan familias de fracturas complejas, no obstante, es posible observar un sistema ENE-WSW y dos sistemas subordinados N-S y NW-SE este último sistema es paralelo a las vetas mineralizadas del distrito minero Guanajuato. Hacia la parte norte de las cuencas estudiadas afloran rocas volcánicas félsicas del Oligoceno, las cuales cubren discordantemente a los depósitos mesozoicos y en algunas zonas están en contacto, con las mismas rocas, por una sistema de horst y graben cuya orientación es NNW-SSE, en estas rocas hay una familia de fracturas que se orienta paralelamente a la dirección de las fallas normales pos-oligocénicas y otra con orientación N-S.

La infiltración del agua en el medio fracturado de las cuencas estudiadas es almacenada durante la época de lluvias y es descargada a lo largo de la época de estiaje, esto se observa principalmente en los manantiales que conservan el flujo base. La configuración geométrica de las fracturas en cada una de las litologías es variable y se mantiene una interconexión entre cada uno de ellos, lo cual permite la comunicación y drene del agua almacenada. La estimación del fracturamiento se ha realizado con base en un conteo estadístico de las diaclasas en cada una de las litologías lo cual además no ha permitido definir los modelos geométricos que predominan a lo largo del cauce de los arroyos.

GEOH-27

### ESTRUCTURA HIDROLÓGICA DE LAS SUBCUENCAS ESPERANZA-SOLEDAD-SANTANA PARA EVALUACIÓN DE RIESGOS

Ramírez Aguayo Víctor Hugo, Ortega Chávez Víctor Manuel y Ramos Arroyo Yann René  
Maestría en Ciencias del Agua, Universidad de Guanajuato  
victor-tlaloque@hotmail.com

Se presenta un sistema de información geográfica de una vertiente del río Guanajuato que es muy importante debido a que se encuentran dos presas que abastecen de agua a la población de Guanajuato y es una zona de recarga para el sistema de flujo subterráneo local y regional.

La vertiente norte del río Guanajuato comprende dos subcuencas que son áreas naturales protegidas y donde se encuentran las presas Esperanza y Soledad. Este espacio se encuentra aislado hidráulicamente pues la única agua que entra es por lluvia.

El agua captada es aprovechada por el organismo operador de la ciudad de Guanajuato, para el abasto del 30% de la población ubicada en el centro de la mancha urbana. La importancia de estos almacenamientos, no se enfoca en el aporte por densidad poblacional, sino más bien por la importancia turística y de los servicios ambientales que proporciona esta zona.

Un valor agregado al estudio de un terreno de esta naturaleza es que permite estudiar el régimen de flujo en sistemas con alta pendiente donde se da un drenado rápido del agua después de las precipitaciones.

Se ha observado que el flujo base es mayor en subcuencas donde hay menos vegetación y cobertura de suelo. El sistema de información geográfica que se está desarrollando será útil para conocer los factores que controlan el flujo base. Actualmente se encuentra con la estructura del sistema a partir de la cual se comenzará a integrar todos los datos que se han generado y continúan generándose respecto a las dinámicas hidrológicas.

La zonificación climática existente, es delimitada por la orografía, favorece que en las partes altas exista una mayor humedad.

Las subcuencas estudiadas se encuentran muy fracturado y se aprecia que las fracturas un factor muy importante que influye en los flujos es la tienen un control importante en la densidad de drenaje y la presencia de vegetación.

En general, la densidad de drenaje en esta zona es espacialmente variada y marca una diferente propiedad según la geología y capacidades del suelo. La variedad litológica y estructural en esta región es fuerte y existen manantiales asociados a fracturamiento.

Se encontró una relación entre grado de conservación, traducido en biomasa y espesor de suelo y la densidad de drenaje: de tal forma que una menor densidad de drenaje se asocia con una cuenca conservada.

La cuenca de La Esperanza es la mas conservada de las cuatro subcuencas, La Soledad es el sistema mas degradado por influencia humana

La orientación de una ladera marca visiblemente el potencial de retención de agua, aumentando la capacidad de formar biomasa, el aporte del gasto base, es directamente favorecido por laderas con una orientación. Esto por la cantidad de horas de insolación que reciben al año y por la dirección del viento dominante, que



influencia la dirección con la que viaja la lluvia que impacta sobre el suelo. Cuando una ladera se ve sometida a un estrés hídrico y además se ve afectada por las actividades del hombre, suele decaer la producción de biomasa.

GEOH-28 CARTEL

### MOUNTAIN-BLOCK RECHARGE IN THE SANTO TOMAS VALLEY, BAJA CALIFORNIA, MEXICO

Thomas Zuniga William y Kretschmar Thomas  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada  
wthomas@cicese.mx

Mountain block recharge (MBR) to adjacent basin aquifers can be a significant source of groundwater in arid and semi-arid regions. Unfortunately, geologic complexities within the mountain block often limit our understanding of this indirect form of recharge. Secondary permeability, resulting from faults and fractures, allows rainwater to infiltrate crystalline mountain rock, ultimately recharging the basin aquifer. Therefore, it is essential to consider mountain block geological features, especially faults, in recharge studies. We attempt to better understand MBR by creating a detailed fracture-trace map and by sampling springs and groundwater throughout the Santo Tomas valley, located in Northern Baja California, Mexico. Bounded by active faults, the valley is heavily fractured. These fractures enable fluid flow within the mountain block. Stable isotope ( $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^2\text{H}$ ) data show two distinct types of spring water within the watershed, possibly representing local and regional flow paths. Thermal springs, believed to be regional flow, display a  $-1.9\text{‰}$   $\delta^{18}\text{O}$  depletion when compared to all other spring water, indicative of recharge from higher elevations or older waters; both of the latter would be less affected under local drought conditions. This distinct isotopic signal was found 15 km downstream in the alluvial aquifer, indicating a significant amount of water is recharging the basin aquifer via the mountain block along this flow regime. A quantitative permeability value for the faults and fracture zones is difficult to attain due to their heterogeneous nature. However, the thermal system and most cold-water springs surface along active faults, which appear to transmit more water than undifferentiated fractures.

GEOH-29 CARTEL

### GEOLOGÍA Y GEOHIDROLOGÍA EN EL ENTORNO DE CIUDAD ALDAMA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Royo Miguel<sup>1</sup>, Villalba María de Lourdes<sup>1</sup>, Chávez Aguirre Rafael<sup>1</sup>, Pinales Munguía Adán<sup>1</sup>, Yza Guzmán Luis<sup>1</sup>, Colmenero Sujo Luis Humberto<sup>2</sup>, Mireles García Fernando<sup>3</sup>, Dávila Rangel Ignacio<sup>3</sup>, López Del Río Hugo<sup>3</sup>, Royo Miguel<sup>1</sup>, Alva Valdivia Luis<sup>4</sup>, Urrutia Fucugauchi Jaime<sup>4</sup> y González Rangel José Antonio<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Chihuahua II

<sup>3</sup>Centro Regional de Estudios Nucleares

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

mroyoo\_2000@yahoo.com

Ciudad Aldama se encuentra en la porción central del estado de Chihuahua, ~28.0 km al NE de la ciudad de Chihuahua, en la provincia fisiográfica de Cuencas y Sierras, ocupa la parte norte de un puerto de erosión entre la prolongación sur de la Sierra El Cuervo – Peña Blanca y la porción norte de la Sierra La Gloria - San Ignacio.

El marco litológico-estructural de la zona es complejo, pues afloran rocas cuya edad va desde el Precámbrico hasta el Cuaternario, predominando aquellas de origen volcánico del Eoceno, en su mayor parte ignimbritas, tobas riolíticas, y clásticos continentales del Cuaternario. Además, rocas sedimentarias del Paleozoico y del Cretácico.

En la sierra El Cuervo, que es la continuidad hacia el sur de la sierra Peña Blanca, y a escasos kilómetros al NE de Ciudad Aldama, en el Rancho Los Filtros, están expuestos afloramientos de anfíbolitas y metagranitos del Precámbrico, Grenville.

En la porción sur de la sierra El Cuervo, se encuentran afloramientos de rocas paleozoicas, compuestas por una secuencia de areniscas, lutitas y limolitas, denominada Formación Rara, del Permo-Carbonífero.

El Mesozoico se encuentra, en la porción norte de la sierra El Cuervo, y en su continuidad hacia el norte, en el flanco oriental de la sierra Peña Blanca; así como en la sierra San Ignacio al sureste de la población de Aldama. Se compone por rocas calcáreas de edad Cretácica.

La secuencia mesozoica en la Sierra de Peña Blanca ha sido determinada al Cretácico Inferior y al Superior, al primero pertenecen las formaciones: Cuchillo, Glen Rose, Walnut, Edwards, Kiamichi, Georgetown; y del segundo se han identificado las formaciones: Del Río, Buda y Cuervo.

Las rocas terciarias en la Sierra de Peña Blanca son de origen volcánico, salvo la formación basal Pozos, que es principalmente de origen erosional, pues consta de depósitos conglomeráticos con algunos horizontes tobáceos hematizados. A esta le sobreyacen formaciones volcánicas ignimbritas, tobáceas y horizontes conglomeráticos: Corrales, Coloradas, Nopal, Escuadra, Fanglomerado Piloncillos, Conglomerado Chontes, Peña Blanca, Mesa. En la Sierra La Gloria afloran las formaciones Peña Blanca y Mesa.

El área principal de estudio comprende la porción central del acuífero "Laguna de Hormigas (El Cuervo)-Aldama-San Diego", el cual está constituido por sedimentos continentales de facies fluviales y lacustres, rellenando un valle, limitado al oeste por el bloque montañoso compuesto por las sierras Peña Blanca-El Cuervo-La Gloria-Santa Eulalia y, al este por las sierras Hormigas-Gómez-Trancas-Cuesta del Infierno-San Diego de Alcalá.

De acuerdo con la información disponible, la obtenida de pozos en "El Bosque" y en la ciudad de Aldama se puede establecer un flujo subterráneo divergente del acuífero libre superior a partir de la población citada, hacia el norte, y hacia el sur, con una profundidad del nivel estático de unos 60 metros en la población, la cual va disminuyendo tanto al norte como al sur. Debido a la escasa información de pozos, es difícil precisar las condiciones hidrodinámicas de flujo de acuífero inferior, sin embargo es muy posible que regionalmente la dirección de flujo sea de norte a sur.

GEOH-30 CARTEL

### PROPUESTA DE ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE SECUENCIAS LACUSTRES EN HUEHUETLÁN EL GRANDE, PUEBLA

Millán Motolinía María del Carmen<sup>1</sup> y Vázquez Serrano Alberto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

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

geopame10@hotmail.com

Nuestra área de estudio se localiza en el municipio de Huehuetlán el Grande, a unos 30 km al sur de la Ciudad de Puebla. Geológicamente el área pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, caracterizada por la presencia de un basamento metamórfico del Paleozoico Temprano (Complejo Acatlán) y una secuencia sedimentaria e ígnea del Mesozoico y Cenozoico, respectivamente.

Se pretende estudiar el comportamiento hidrogeológico de la secuencia lacustre dominante en la microcuenca perteneciente, probablemente, a la formación Coatzingo (Oligoceno-Mioceno) constituida por una alternancia de areniscas, lutitas, tobas con niveles esporádicos de yeso que se observaron en el campo.

Es importante conocer el comportamiento de esta secuencia litológica ante la presencia de un sistema hidrológico cerrado. Dicho estudio nos ayudará a entender el funcionamiento estos depósitos como unidades hidrogeológicas que también están presentes en gran parte del centro de México, por ejemplo, en el Valle de Puebla.

Utilizando el método de Sondeos Eléctricos Verticales encontraremos la distribución estratigráfica así como la forma en la que se comporta el sistema hidrogeológico.

GEOH-31 CARTEL

### ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO CHOLULA

Muñoz González César, Jiménez Suárez Grabel y Ramón Márquez Víctor Manuel

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

blackcat\_2409@hotmail.com

El municipio de San Pedro Cholula se localiza en la parte del centro-este, del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son: los paralelos  $19^{\circ} 01' 30''$  y  $19^{\circ} 06' 42''$  de latitud norte y los meridianos  $98^{\circ} 15' 06''$  y  $98^{\circ} 24' 00''$  de longitud occidental. Tiene una superficie de 52.5 kilómetros cuadrados.

El municipio se localiza en la porción central del Valle de Puebla, el cual constituye el sector principal de la altiplanicie poblana. Presenta una topografía plana en general, con una altura promedio de 2,190 metros sobre el nivel del mar

El trabajo tiene por objetivo analizar el acuífero del municipio tomando en cuenta la geología local y observando el comportamiento del acuífero, mediante el análisis de 6 pozos profundos obtenidos a través del Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del

Municipio de Cholula (SOAPACH), los cuales serán utilizados como base para determinar la red de flujo, así como resolver problemas de inundación presentes en el municipio, y dar una solución favorable para la demanda que presenta el municipio en la obtención de mayor cantidad de agua potable.

## GEOH-32 CARTEL

**CARACTERIZACIÓN TERRENOS CARSTICOS POR MÉTODOS HIDROGEOQUÍMICOS Y GEOFÍSICOS: CASO ZONA DE LA HUASTECA, SLP.**

Ramos Leal José Alfredo<sup>1</sup>, Santacruz German<sup>2</sup>, Torres Gaytan David<sup>1</sup>, Morán Ramírez Janete<sup>1</sup> y López Loera Héctor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica

<sup>2</sup>Colegio de San Luis

jalfredo@ipicyt.edu.mx

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-ínter mórntanos. En general poco se conoce sobre el funcionamiento hidrodinámico del sistema. Los sistemas carsticos son difíciles de estudiar debido a las condiciones abruptas del terreno y excesiva vegetación; así como, a la ausencia de pozos de extracción. Ante tal tipo de escenarios se aplicaron métodos hidrogeoquímicos y geofísicos resultan de gran utilidad para identificar los factores que controlan el flujo y definen la química del agua subterránea. En el primer caso se obtuvo la caracterización geoquímica y se identificaron zonas con mayor potencial de recarga. En el segundo caso la geofísica contribuyó a construir el modelo conceptual hidrogeológico. Los resultados preliminares muestran la influencia del control estructural en el movimiento del agua subterránea. El proceso de carstificación activa incrementa la sensibilidad del sistema, esta zona llega a constituirse como la zona de recarga mas importante de la región. Se identificaron grandes espesores de la roca carstificada y profundidades a las que se localiza en los valles intermontanos.

## GEOH-33 CARTEL

**ESTIMACIÓN DE LA RECARGA POTENCIAL AL ACUÍFERO DE LA ZONA CANCÚN-TULUM-COBÁ**

Juárez Arenas Rodolfo<sup>1</sup>, Salas Rodríguez Oscar Mario<sup>1</sup>, Escolero Fuentes Oscar<sup>2</sup> y Rebolledo Vieyra Mario<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Centro para el Estudio del Agua, CICY

rod.juar@gmail.com

Se expone en el siguiente trabajo la estimación de la recarga potencial al acuífero utilizando el método del balance hídrico de "Thornwhaitte". Se consideran los factores de precipitación, infiltración, evapotranspiración real y escurrimiento de las zonas delimitadas por las localidades de Cancún (lat 21°10' N, long 86°21' O), Tulum (lat 20°08' N, long 87°27' O) y Cobá (lat 20°31' N, long 87°39' O). Este método toma en cuenta la temperatura media mensual, la evapotranspiración mensual y constantes que dependen de la latitud y mes del año, para arrojar resultados de gran visión.

La fisiografía de la zona de estudio se encuentra en las subprovincias "Carso Yucateco" y "Costa Baja de Quintana Roo", norte y oriente del estado de Quintana Roo. El relieve que presenta es correspondiente a planicie con poca pendiente de apenas unos cuantos metros sobre el nivel medio del mar con ligera tendencia hacia el este. Está constituida por material carbonatado con abundancia de cuerpo Kársticos de diferentes tamaños, hasta grandes depresiones (cenotes), en las que se puede observar el nivel freático. Carece de un sistema de drenaje superficial que sea de consideración.

La estimación de la recarga potencial del acuífero por el método de balance considera que ésta es igual a la diferencia entre la precipitación neta y la evapotranspiración, considerando al escurrimiento nulo, ya que no hay suelo, dado que la superficie en general está constituida por roca.

En dicho proyecto, se comparan los valores obtenidos por el método indirecto del balance hídrico con los datos estimados en estudios hidrogeológicos convencionales, lo cual permite determinar la precisión del método. Se obtienen las estimaciones de los volúmenes de precipitación, infiltración, escurrimiento y evapotranspiración potencial, así como un modelo conceptual de la zona de estudio.

## GEOH-34 CARTEL

**INFLUENCIA DEL RIO ATOYAC EN LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE ZAACHILA, OAXACA**

De la Rosa Sarmiento Isela Coral<sup>1</sup>, Belmonte Jiménez Salvador I.<sup>1</sup>, Campos Enriquez Oscar<sup>2</sup> y Jiménez González Carlos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN, Oaxaca

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

marifer\_26@hotmail.com

El agua subterránea constituye la fuente más importante de abastecimiento para la industria, vivienda y agricultura que se desarrolla en la Ciudad de Oaxaca y municipios conurbados, siendo el acuífero del Valle de Zaachila el que aporta aproximadamente el 80% de esta agua, su reserva condiciona en cantidad y calidad la oferta disponible para abastecer estos sectores.

La sobreexplotación de las aguas subterráneas de este acuífero se ha incrementado para satisfacer las necesidades de abastecimiento, aunado a esto existe un aumento en la contaminación de las aguas subterráneas debido a la presencia del río Atoyac el cual interactúa con el acuífero mencionado. Dicho río lleva las aguas residuales, y se presume actúa como zona de recarga inferido por el comportamiento de la piezometría y favorecida por la geología del área.

En este trabajo se han identificado las zonas vulnerables a la contaminación así como la geometría del acuífero a través de medidas de resistividad y conductividad eléctrica usando resistivímetro de CD y bobinas EM, respectivamente, así como tomografía eléctrica. Se analiza la piezometría de tres campañas mediante la obtención de armónicos utilizando series de Fourier, el algoritmo se desarrollo en Matlab. La geología juega un papel importante en los contenidos de fierro en el agua subterránea. De acuerdo a la piezometría analizada se infiere que el río Atoyac es una zona de recarga al acuífero, es decir hay una interacción diferente en épocas de lluvia y estiaje.

## GEOH-35 CARTEL

**DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN MUESTRAS DE AGUA MEDIANTE SISTEMA DE ANÁLISIS POR INYECCIÓN EN FLUJO FIAS**

Aguayo Rios Alejandra y Armienta Hernández María Aurora

Instituto de Geofísica, UNAM

ale@geofisica.unam.mx

El arsénico disuelto en el agua constituye uno de los problemas más graves de contaminación en algunas comunidades. Las fuentes más comunes de arsénico en ambientes naturales son las rocas volcánicas, específicamente sus productos de erosión y cenizas, rocas sedimentarias marinas, depósitos minerales hidrotermales y las aguas geotermales asociadas, así como combustibles fósiles, incluyendo carbón y petróleo.

El arsénico es uno de los elementos que ha tenido un importante nivel de atención por parte de las instituciones de salud y del medio ambiente en muchos países del mundo. Este interés radica principalmente en su toxicidad, particularmente en el hecho de que está clasificado como un carcinógeno para los seres humanos.

Existe en la naturaleza en diferentes estados de oxidación que determinan tanto su comportamiento en el medio ambiente (movilidad, reactividad, especiación), como su toxicidad. En el agua (aguas superficiales y subterráneas) el arsénico se encuentra comúnmente en el estado de oxidación (V) arsenato y (III) arsenito. En aguas superficiales con alto contenido de oxígeno la especie más común es el arsénico pentavalente o arsenato.

Para evitar el contacto humano con concentraciones peligrosas de arsénico es de fundamental importancia su detección en forma confiable. Para ello es necesaria la aplicación de técnicas analíticas con la suficiente exactitud, precisión y bajos niveles de detección. Es importante además establecer procedimientos analíticos que permitan reducir las posibles interferencias que se pueden presentar al analizar muestras complejas, como aquellas utilizadas en los estudios de impacto ambiental.

El presente trabajo describe un sistema que permite realizar la cuantificación de arsénico mediante Espectrometría de Absorción Atómica por inyección en flujo (Flow Injection Analysis System for Atomic Spectrometry FIAS).

El FIAS es un sistema modular que hace posible realizar un análisis automatizado usando muy pequeñas cantidades de muestras y reactivos. Consta básicamente de: bomba peristáltica, válvula de inyección, bucle de reacción, separador gas-líquido y un controlador de gas. Las muestras son inyectadas en una solución acarreadora que transporta la muestra al bucle donde se lleva cabo la reacción química, la arsina generada es posteriormente llevada al detector por una corriente continua de Argón.

El equipo empleado en la determinación es un FIAS-100 acoplado a Espectrofotómetro de Absorción Atómica AAnalyst 100 PERKIN ELMER. Las muestras de agua analizadas proceden del municipio de Zimapán ubicado en el estado de Hidalgo.

Desde su introducción en 1975, el análisis por inyección en flujo ha adquirido una gran importancia académica y práctica habiendo sido aplicada a las más diversas técnicas analíticas. Algunas de sus principales ventajas reconocidas son: Alta productividad y bajo costo de operación y mantenimiento. El consumo de muestra disminuye así como el de reactivos químicos permitiendo con ello que los costos de análisis se reduzcan de manera importante, una gran parte del mantenimiento puede ser realizado por el propio usuario.

## GEOH-36 CARTEL

**ESTUDIO DE LAS POSIBILIDADES ACUÍFERAS MEDIANTE MÉTODOS GEOFÍSICOS EN VILLA HIDALGO, S.L.P.**

Figuera Martínez Mariana, López Loera Héctor y Ramos Leal José Alfredo

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica

mariana.figuera@ipicyt.edu.mx

El agua considerada un recurso renovable hasta hace una década, es un recurso cada vez más escaso. Su contaminación mal manejo han provocado que los volúmenes con los que antes se contaba hayan disminuido en forma considerable, aumentando su costo y disminuyendo su calidad, por lo que es necesario buscar

nuevas fuentes de abastecimiento, ya que las demandas por parte de la población van aumentando de forma notable.

El altiplano potosino es una zona que abastece sus necesidades de agua principalmente por acuíferos, y debido al aumento en la demanda del recurso se ha explotado intensamente, provocando un déficit del 20%, lo que ha traído como consecuencia que el agua que se extrae sea de menor calidad. Al disminuir los niveles piezométricos del acuífero se puede determinar que no se ha tenido un buen manejo de éste; para evitar este tipo de inconvenientes es imprescindible conocer de la forma más precisa las características del acuífero, tales como localización, geometría, volumen del acuífero, recarga, descarga y funcionamiento hidrodinámico, para poder evaluar el acuífero y hacer un uso adecuado de este recurso.

En este trabajo se presentan los resultados iniciales de dos métodos indirectos de exploración; la magnetometría (aérea y terrestre) y los métodos magnetotéluricos; para estudiar las posibilidades acuíferas en Villa Hidalgo localizado en el altiplano potosino, donde se presenta una geología superficial compuesta por rocas sedimentarias marinas, de composición calcárea, calcárea-arcillosa, lutitas y areniscas, cubiertas en algunas partes por rocas lávicas, así como por sedimentos lacustres y con intercalaciones de conglomerados y algunos derrames basálticos recientes.

Se muestra la magnetometría aérea y su análisis aplicando veinte filtros matemáticos para realizar una mejor interpretación de dominios aeromagnéticos así como lineamientos, y localización de características estructurales como contactos, fallas y fracturas que son muy importantes en la búsqueda de zonas con posibilidades acuíferas. Con dicho análisis se obtuvieron siete dominios aeromagnéticos, en la zona regional y tres dentro de Villa Hidalgo, siendo el dominio localizado en el NW, el de mayor interés debido a la ubicación de bajos magnéticos. Los lineamientos de mayor interés presentan una orientación NE-SW, localizados en gran parte de la zona.

También se presenta un perfil de magnetometría terrestre analizado desde varios aspectos como son su gradiente horizontal, su topografía y su campo residual, donde se pueden observar anomalías magnéticas en los cambios de litología, en la transición de las rocas sedimentarias a las volcánicas. De igual forma, se presentan perfiles magnetotéluricos y una interpretación preliminar de éstos, en base a las resistividades de las rocas, donde se tienen horizontes favorables por encima de los 100m, con espesores no muy significativos, como los localizados a profundidades de 300m, donde los espesores aumentan.

Con estos estudios se busca determinar las estructuras presentes en el subsuelo y su posibilidad de estar asociadas a un acuífero.

GEOH-37 CARTEL

#### EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA MODELACIÓN DEL FLUJO Y TRANSPORTE EN EL ACUÍFERO DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Leyva Suárez Esther y Herrera Zamarrón Graciela  
Instituto de Geofísica, UNAM  
estherley@yahoo.com

En este trabajo se recopiló información existente del Acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (AZMCM), se revisaron los modelos conceptuales de la dinámica del flujo en el AZMCM que se han reportado en la literatura y evaluaron los modelos existentes de flujo y transporte en el AZMCM.

El AZMCM se encuentra en la Región Hidrológica Administrativa XIII ubicada entre los paralelos 19°00' y 20°35' de latitud Norte y 98°11' y 99°40' de longitud Oeste (Birkle et al., 1998; Gutiérrez, González y Zamorano, 2005; SEMARNAP, 1996). La subcuenca del Valle de México ha sido muy estudiada, han realizado estudios geológicos, geofísicos, modelación numérica, entre otros.

El sistema AZMCM es de tipo semiconfinado. Debido a la alta porosidad y compresibilidad natural, el estrato de arcilla adyacente al acuífero actúa como acuitado de semiconfinamiento y provee de agua a los acuíferos cuando así lo demandan (Herrera et al., 1989).

Las ecuaciones de flujo y transporte son la herramienta matemática que se utiliza para la modelación de la evolución de la carga hidráulica y los problemas de calidad del agua en los acuíferos. Por otro lado, mediante el protocolo de modelación (formulación del modelo conceptual, selección del código, diseño del modelo, calibración, análisis de sensibilidad y finalmente la predicción) se pueden obtener parámetros, condiciones de frontera, condiciones iniciales, etc para utilizar estas ecuaciones para modelar numéricamente problemas específicos. Es por esto que en este trabajo se utilizaron estos elementos del protocolo de modelación para evaluar los trabajos realizados en el área de estudio.

En la revisión bibliográfica se encontraron trece estudios de modelación numérica realizados entre 1979 a 2006. En la plática se presentará un análisis de los estudios más importantes.

GEOH-38 CARTEL

#### ESTUDIO DE LA CUENCA DEL MUNICIPIO DE TEOPATLAN EN EL ESTADO DE PUEBLA

Martínez Ruiz Gerardo  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
gerardomartinezuiz@hotmail.com

El estudio realizado en el Municipio de Teopatlán, que se encuentra en la porción Noreste del Estado de Puebla. Para su ubicación con las siguientes coordenadas 18° 38'N 98° 21'O localizado a 60 Km. de la Ciudad de Puebla en la porción Noreste de la Sierra Madre del Sur, donde encontramos una cuenca endorreica de origen lagunar, tomando en cuenta lo propuesto por Ortega – Gutiérrez (1975), Campa U.M. F. y Coney J.P. (1983) la cuenca esta rodeada por estructuras elevadas compuestas por rocas metamórficas del paleozoico de las que destacan esquistos de color (café, verde, gris), filitas de color (café claro), también encontramos la presencia de rocas sedimentarias del terciario correlacionables con la formación Coatzingo de las cuales encontramos caliza de color (gris) con granulometría de fina a media, lutitas de color (café claro), también encontramos la presencia de cuerpos ígneos de composición basáltica que interperizan a color (café) de probable edad plioceno – pleistoceno, Geomorfologicamente esta zona esta compuesta por una serie de fallas normales, así como también de fracturas, hidrogeologicamente, tenemos una cuenca endorreica con drenajes detriticos que descargan hacia el centro, así como también la presencia de algunos ríos y manantiales que convergen en el centro, formando una laguna salobre.

El estudio que se esta realizando es con el propósito de identificar la recarga de la laguna, la génesis del acuífero que los contiene, así como el comportamiento estructural del mismo, y para determinar la dirección del flujo de agua dentro de la cuenca, la secuencia litológica y la distribución espacial de las capas y rocas que forman el acuífero.

GEOH-39 CARTEL

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

Elias Zavala Viviana Erendira  
División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
velias@cicese.mx

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

Se tomaron 32 muestras de sedimento de los perfiles de jales, lechos de los arroyos y suelos asegurando cubrir las variaciones en su estado de oxidación. Se obtuvieron 8 muestras de agua superficiales y manantiales. De estas muestras de agua se analizaron los aniones y cationes mayores 15 elementos trazas. Se utilizaron las diversas técnicas de caracterización mineralógica, difracción de rayos X, moda detritica de areniscas de jale y digestión parcial secuencial de sedimentos con HCl / para determinar los elementos que se encuentran en los sulfatos SO<sub>4</sub>, y carbonatos CO<sub>3</sub>, la segunda parte es con HNO<sub>3</sub> / para determinar los elementos contenidos en sulfuros S, y en los Óxidos para determinar Se, Zn, Cd, As, Cu, Mn, Co, Sb, Na, K, Ca, Mg, Al y otros elementos en la gama entre 100 y 1.000 mg/kg. Dichas. Lectura del residuo de la digestión sedimentos por emisión ICP-OES para análisis cuantitativo de elementos traza. Para las muestras de agua de IC para Aniones y Cationes en ICP-OES.

Palabras clave: Jales mineros, dispersión de contaminantes, metales pesados

GEOH-40 CARTEL

**SINGULARIDADES DE FILTRACIÓN DE LA PRESA CERRO PRIETO**Krivosheya Konstantin<sup>1</sup>, Kotsarenko Anatoly<sup>2</sup>, Yutis Vsevolod<sup>1</sup> y De León Gómez Héctor<sup>1</sup><sup>1</sup>*Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL*<sup>2</sup>*Centro de Geociencias, UNAM*

kvk@fct.uanl.mx

Datos de Registro de Almacenamiento de la Presa Cerro Prieto 1986-2003 (CNA) muestran reconstrucciones "rápidas" de régimen de filtración las cuales delimitan periodos "normales" (lineales según la Ley de Darcy).

Se proponen unos modelos cualitativos de filtración "non-lineal" la que depende de variaciones de permeabilidad hidráulica así como variaciones de gradiente hidráulico.

Se presente una serie de imagines de verificación de modelos con los datos observados.

Se supone que las variaciones de porosidad (permeabilidad) y/o variaciones del nivel de las aguas subterráneas (gradiente hidráulico) son reflexiones de eventos geodinámicos regionales.