

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA

Gabriel Salinas Calleros
Comisión Nacional del Agua

La Ciudad de Hermosillo cuenta con una población aproximada de 650,000 habitantes. El abastecimiento de agua potable proviene de 2 fuentes principales: agua superficial que se obtiene de la presa Abelardo L. Rodríguez y el agua subterránea que se obtiene de la captación La Saucedá la cual aporta un gasto de 700 lps mediante la operación de 22 pozos, La captación La Victoria proporciona un gasto medio de 190 lps, la Captación Willard donde están emplazados dos pozos con un gasto de 155 lps entre ambos y 4 pozos localizados en la zona del Parque Industrial con un gsto conjunto de 170 lps, además de la galería filtrante que proporcionaba un gasto de 420 lps en promedio, para hacer un total de 1,635 lps.

De la presa Abelardo L. Rodríguez, se había venido extrayendo un caudal de 1,105 lps para la operación de 3 plantas potabilizadoras por lo que el gasto global para uso público-urbano de la ciudad era de 2,740 lps hasta mediados del año 1997.

Como consecuencia de la sequía extrema que se registró en la región provocando que los embalses del sistema de presas en el cauce del río Sonora, El Molinito y la propia Abelardo L. Rodríguez, prácticamente se secaron; la Comisión Nacional del Agua en coordinación con el Gobierno del Estado, implementaron un programa de emergencia el cual consistió en construir el acueducto El Molinito - presa Abelardo L. Rodríguez, con una longitud de 27 km y una aportación de 1,000 lps, así como la perforación de 41 pozos profundos en el acuífero de la Mesa del Seri, además de algunas medidas tendientes a optimizar el suministro de agua potable.

Ante tal situación se contó con un modelo de simulación hidrodinámica el cual nos indica que la explotación de la Mesa del Seri representa un desequilibrio importante en el balance actual de agua subterránea. De acuerdo con los resultados de la predicción se esperan abatimientos en el nivel freático superiores a los 14 m en un lapso de tres años.

En este contexto la CNA, realizó estudios necesarios para desarrollar una fuente de abastecimiento confiable, permanente y competitiva para la ciudad. tomando en cuenta las fuentes de aguas subterráneas, superficiales, tratamiento de aguas residuales, la desalación de agua salobre y combinación entre éstas, las cuales fueron analizadas desde el punto de vista técnico, financiero y social, resultando más factible la desalación de agua salobre en el acuífero de la Costa de Hermosillo, ya que esta no depende de las variaciones climáticas, no afecta a terceros y asegura la oferta para el desarrollo sustentable de la región.

OCURRENCIA DE LLUVIAS CICLÓNICAS Y SU INFLUENCIA EN LA RECARGA DEL ACUÍFERO DE SAN JOSÉ DEL CABO, BAJA CALIFORNIA SUR

Fernando Lara y Iris Neri
Gerencia de Aguas Subterránea, Comisión Nacional del Agua
E-mail: flara@sgt.cna.gob.mx

El flujo subterráneo en la zona de San José del Cabo ocurre en depósitos aluviales que constituyen un acuífero de tipo libre cuya única fuente de recarga depende de las lluvias torrenciales asociadas a los ciclones. Las lluvias generan notables oscilaciones en la superficie piezométrica que llegan a alcanzar recuperaciones de varios metros. Con objeto de cuantificar la influencia de este tipo de recarga en el almacenamiento y proponer un esquema de manejo para el acuífero se analizó la información climatológica, piezométrica y se estimó el balance de agua subterránea de 1968-1997.

Los resultados sugieren que el aporte de lluvia por efecto de los ciclones alcanza hasta un 85% de la precipitación media anual en periodos de 30 a 2 días. Por lo anterior, el calculo del balance consideró eventos de precipitación puntuales y no valores de precipitación promedio anual, como generalmente se calcula. Bajo este esquema, la estimación de la recarga varió entre 6 Mm³/año y 20 Mm³/año en estiaje y lluvia, respectivamente, y la descarga se incrementó a partir de los años 80's alcanzando un volumen actual de 30 Mm³/año. El déficit en el balance se compensa a costa del almacenamiento lo que se traduce en una reducción de la descarga natural del acuífero.

Debido a la errática ocurrencia de las lluvias ciclónicas la explotación del acuífero a futuro deberá estar ligada al comportamiento promedio de este fenómeno. En este caso, se recomienda considerar únicamente escenarios de explotación menores al periodo estimado de retorno de las lluvias ciclónicas (estimado en siete años) y promover una extracción por bombeo de un volumen alrededor o menor a la recarga. De lo contrario, existe un serio riesgo de comprometer el desarrollo de la región por la posible ocurrencia, no remota, de una prolongada sequía con duración superior al periodo de retorno estimado y que provocaría un rápido drenado del almacenamiento así como el avance de la intrusión salina al acuífero.

MODELO HIDROGEOLOGICO DEL YACIMIENTO PETROLERO DEL ACTIVO DE PRODUCCIÓN LUNA, TABASCO

P. Birkle¹, E. Portugal¹, J.J. Rosillo Aragón² y J.L. Fong Aguilar²

¹ Gerencia de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas
E-mail: birkle@iie.org.mx

² Activo de Producción Luna, Diseño de Explotación
Comalcalco, Tabasco, México

Como se ha observado en diferentes campos petroleros mundiales, la invasión de salmueras de acuíferos profundos en pozos petroleros causa pérdidas en la producción de hidrocarburos; tal es el caso del yacimiento del Activo Luna. Por lo tanto, la elaboración de un modelo hidrogeológico, incorporando datos

isotópicos y químicos de las salmueras, permite la reconstrucción del origen de los fluidos, su tiempo de residencia, la dirección de su migración así como la evolución secundaria de los fluidos a nivel regional. Aparte, la detección de la existencia de caminos de comunicación vertical y lateral entre los pozos individuales permite el pronóstico de posibles invasiones en pozos no afectados para el futuro.

Determinaciones isotópicas con el método de C-14 indican la infiltración de agua superficial al yacimiento petrolero durante el periodo del Pleistoceno Tardío hasta el Holoceno Temprano (40,000 - 10,000 y), probablemente facilitado por condiciones climatológicas húmedas durante periodos interglaciales en la costa del Golfo de México. La heterogeneidad de la composición química (elementos mayores y traza) y de isótopos estables (D, O-18, C-13) de las salmueras del Activo Luna refleja, a) procesos secundarios de alteración durante los últimos 10,000 años, que incluyen la interacción del agua con los carbonatos del yacimiento, la disolución de halita de domos salinos, efectos de membrana por lutitas, y por la formación de metano y, b) la evolución individual de sistemas de acuíferos profundos aislados. Barreras estructurales, así como fallas y estructuras de horst-graben, causaron la división del acuífero regional en secciones locales. Recientemente, la extracción de los hidrocarburos facilita la subida artificial de las aguas profundas por medio de fallas y fracturas verticales, causando comunicación entre los pozos petroleros.

GEOH-04

UTILIZACIÓN DE MEDIDORES DE NIVEL PIEZOMÉTRICO DE REGISTRO CONTINUO EN LA ZONA DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRO PRIETO; RESULTADOS PRELIMINARES

Rogelio Vázquez González, Rufino J. García López y Jose Ruben Campos Gaytan
 Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE
 E-mail: rvazquez@cicese.mx

El monitoreo del nivel piezométrico del acuífero somero en la zona del campo geotérmico de Cerro Prieto, se inició en 1999, con campañas de medición bimestral en una red de sesenta pozos aproximadamente. El objetivo de estas mediciones, es tener un registro de las variaciones del nivel piezométrico en la zona, para determinar la evolución temporal de los niveles en el acuífero, estimar las direcciones principales de flujo y estudiar la interacción del yacimiento geotérmico con el acuífero somero. A partir de marzo del presente año se instalaron dos medidores de nivel piezométrico de registro continuo en los pozos II-18M y PZ-6, con la finalidad de complementar los monitoreos bimestrales determinando las variaciones de período corto que afectan los niveles en el acuífero. La distancia entre los pozos es de aproximadamente 6 km formando una línea con dirección NE-SW, el período de muestreo es de 30 minutos y los instrumentos tienen capacidad de almacenar hasta 6000 mediciones de manera autónoma.

Las series de tiempo obtenidas se analizan tanto en el dominio del tiempo como en frecuencia para determinar las componentes principales e identificar el origen y la amplitud de las variaciones. En los dos sitios de medición se identifica una componente de variación diaria con una amplitud del orden de 1 a 1.5 cm, sobrepuesta a variaciones no correlacionadas entre ambos sitios con

períodos superiores a los 20 días. Estas variaciones son producidas probablemente por modificaciones locales de las condiciones de operación del acuífero. A partir de las mediciones en la red de pozos de monitoreo, se determina la superficie piezométrica, las direcciones de flujo y la evolución del nivel freático configurándose los mapas correspondientes.

Este estudio se enmarca dentro del convenio de colaboración entre La División de Ciencias de la Tierra del CICESE y La Residencia General de Cerro Prieto de la CFE.

GEOH-05

UNA SOLUCIÓN ALTERNATIVA AL MÉTODO DEL SISTEMA DIFERENCIAL PARA ACUÍFEROS LIBRES

Rogelio Vázquez G.¹, Miguel Angel Moreles² y Fernando Avila M.³

¹ Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE

² Grupo de Matemáticas Aplicadas, CIMAT

³ Área de Probabilidad y Estadística, CIMAT

El trabajo consiste en la formulación de una solución al problema de la estimación de los parámetros hidráulicos para el caso de un acuífero libre.

El desarrollo de la nueva solución, se obtiene a partir del método del sistema diferencial. Suponemos que se dispone de los datos correspondientes a la variación espacial y temporal de los niveles piezométricos en el dominio del acuífero y se resuelve un problema inverso para estimar la conductividad hidráulica y la porosidad efectiva. El método del sistema diferencial consiste en utilizar tres o más conjuntos de datos del potencial para obtener la solución, mediante la integración de las funciones que definen el gradiente de la conductividad, a lo largo de trayectorias de acuerdo a la discretización del dominio. Una manera alternativa de obtener un sistema de ecuaciones diferenciales parciales para la conductividad hidráulica es como sigue: Consideramos la ecuación del acuífero como una ecuación diferencial de primer orden para la conductividad hidráulica. Fijamos un punto espacial (x, y) , en la discretización del dominio y suponemos conocida la elevación de la superficie piezométrica $h(x, y, t)$ para todo tiempo t en el intervalo (t_1, t_p) . Se obtiene la solución para las componentes de la conductividad, K_x , K_y , y la porosidad efectiva N_e en mínimos cuadrados para el punto (x, y) en cuestión. Se busca la solución que minimiza el cuadrado de la norma $L_2(t_1, t_p)$, es decir la integral sobre t del cuadrado de funciones. Se obtiene un sistema lineal de 3×3 , para K_x , K_y , y N_e .

Al considerar esta norma L_2 se busca reducir el efecto de datos con ruido. Algunas diferencias con respecto al método del sistema diferencial son: En el método original se supone que se cuenta con datos solo para tiempos t_1, t_2, \dots, t_p y se minimiza la norma euclidiana. En este trabajo, las observaciones puntuales se utilizan para aproximar los coeficientes del sistema lineal y solo se requieren dos conjuntos de datos en el proceso de inversión. Se presenta un ejemplo de la utilización del método para un modelo sintético de acuífero libre no homogéneo en condiciones de flujo transitorio.

GEOH-06

VARIACIONES ESPACIALES EN LA TRANSMISIVIDAD DEL SISTEMA ACUÍFERO DE GUASAVE SINALOA

Norzagaray-Campos¹, Herrera-Barrientos², Muñoz-Sevilla¹, Ochoa-Loza¹, María Ladrón de Guevara¹, Sanz-Ramos³, Díaz-Arredondo¹, Monroy-Contreras¹ y Verduzco-Heredia¹

¹ Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional

E-mail: m_norzagaray@yahoo.es

² CICESE

E-mail: jherrera@cicese.mx

³ Comisión Nacional del Agua

Conocer la magnitud de la transmisividad hidráulica y la conductividad hidráulica en un acuífero es importante ya que a través de ésta se pueden caracterizar espacialmente sitios de mal o buen almacenaje en el medio poroso de las aguas subterráneas. Particularmente para el acuífero costero granular del Valle de Guasave lo anterior es importante debido a la necesidad de conocer sitios de agua de buena calidad. Aunado a la presencia en los últimos años de prolongadas sequías, la importancia radica en el hecho de poder determinar estos sitios y caracterizarlos en una primera aproximación como lugares de potencial explotación. En este trabajo se realiza una comparación entre los resultados de una recopilación bibliográfica de la magnitud de la transmisividad realizada a través de ensayos de bombeo por el método de Theis simplificado por la Secretaría Agraria y Recursos Hidráulicos (SARH) y otras fuentes en la década de los 70's y datos recientes obtenidos en un proyecto de investigación para determinar el régimen hidrológico y calidad del agua en acuíferos del norte de Sinaloa*, utilizando la misma metodología. Este trabajo se presenta una comparación estadística de la variación de este parámetro hidrológico en base a datos de 1970 y la recientemente obtenida en el año 2000. En términos generales existen marcadas diferencias espaciales entre los datos de la SARH y los obtenidos en el proyecto arriba mencionado, lo cual marca una mayor recarga del acuífero en la zona del valle en los últimos años, que pudiera atribuirse a la presencia de las presas de almacenamiento en la región así como a una menor explotación del sistema.

* Trabajo de investigación apoyado por el Sistema de Investigación Mar de Cortés (SIMAC).

GEOH-07

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA CON PROSPECCIÓN GEOFÍSICA DEL ACUÍFERO DE BOCA ABIERTA, GUYAMAS, SONORA

Marco Antonio Gutiérrez R., Rodrigo Gonzalez E. y Armando Canales E.

Instituto Tecnológico de Sonora

En el desarrollo de una región, el agua juega un papel muy importante y el agua subterránea esta expuesta a un decaimiento progresivo de sus niveles de estáticos o freáticos, dándose en algunos casos, como el Valle de Guaymas, el dramático avance de la intrusión salina que provoca la contaminación de acuíferos y el abandono de terrenos agrícolas. La explotación del agua subterránea se ha dado, ya que, han disminuido los volúmenes de

almacenamiento de las fuentes de abastecimiento como en las presas, debido ha precipitaciones inferiores a la media en la región.

El acuífero de Boca Abierta se encuentra en la subcuenca del arroyo Mosocobampo, ubicada al oriente del Valle de Guaymas, está constituido por materiales sedimentarios granulares y rocas volcánicas cercanas a la costa, por lo cual el riesgo de intrusión salina y el abandono de terrenos por ensalitramiento al parecer es inminente, por lo cual es necesario estimar e riesgo de intrusión salina, con el conocimiento general del comportamiento de este acuífero.

El problema es conocer e acuífero de Boca Abierta en cuanto a sus características hidrogeológicas y la de sus fronteras, sobre todo en la franja costera, con lo que se tendrá un mayor conocimiento del comportamiento futuro de la intrusión salina.

Para este estudio se realizaron 20 sondeos eléctricos resistivos (SEV) en los que se muestran fuertes variaciones en la conformación del subsuelo donde no existe una continuidad del basalto en el acuífero, ya que este solo existe en extensiones limitadas. El riesgo de intrusión salina se considera alto dado que la sequía persiste y la explotación de los pozos se da de manera constante y existen por la evidencia de los sondeos (SEV) a presencia de agua salada aguas adentro de la costa con resistividades entre 3.5 ohms-m a 6.5 ohms-m.

GEOH-08

AFECTACIÓN DEL ACUÍFERO CÁRSTICO DE MÉRIDA POR LIXIVIADOS DE DESECHOS MUNICIPALES

Roger González Herrera¹ y Ramiro Rodríguez Castillo²

¹ Facultad de Ingeniería, Unidad de Posgrado e Investigación, Coordinación Académica de Ingeniería Ambiental, Universidad Autónoma de Yucatán

E-mail: gherrera@tunku.uady.mx

² Depto. de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: rrdz@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

Los problemas en la salud y de contaminación del medio ambiente se vinculan estrechamente al poco o nulo manejo de los desechos sólidos. El incremento en la generación de estos residuos va de la mano con el acelerado proceso de urbanización, el crecimiento industrial y la modificación de los patrones de consumo.

En la ciudad de Mérida, hasta abril de 1998, la disposición final de residuos recolectados se realizó en el tiradero municipal, ubicado al noroeste de la ciudad; en él existe una zona en la cual se conformaron los residuos sólidos implementando el método de área. Este método de disposición comenzó a utilizarse en marzo de 1993 y después de cinco años de operación se depositaron aproximadamente 507,000 m³ de desperdicios; es decir, casi 8500 m³ de desechos sólidos se acumulaban mensualmente en el basurero municipal para conformar las celdas de basura. Los desechos se depositaron en el área sin impermeabilización en el fondo y sin colectores de lixiviado y muchas veces sin cubierta superficial por largo tiempo. El sitio se encuentra actualmente cerrado pero aún no se elabora un plan para su remediación y clausura definitiva, el cual está contemplado en el Plan de Desarrollo Municipal 1998-2001.

El exceso de humedad propicia la descomposición de la basura y produce lixiviado, el cual percola a través de los desechos sólidos extrayendo materiales disueltos y suspendidos. Es importante señalar que el clima cálido que prevalece en Mérida aumenta la velocidad de putrefacción de los desechos los cuales, por su naturaleza orgánica, son substratos adecuados para la proliferación de agentes transmisores de enfermedades. Las características muy particulares del subsuelo hacen que el manejo y disposición de los desechos sólidos representen un potencial de contaminación del acuífero, única fuente del vital líquido para la población, ya que el basurero se encuentra emplazado sobre rocas calizas fracturadas que presentan un alto grado de carsticidad, lo que facilita la migración de lixiviados hacia el sistema acuífero local cuyo nivel freático es somero (aproximadamente a cinco metros debajo de la superficie del terreno).

Los resultados hidroquímicos obtenidos a la fecha en la zona del basurero y sus alrededores, demostraron que la zona más afectada por la contaminación por lixiviados que emanan del tiradero es la que subyace inmediatamente a éste, ya que en ella se presentaron las concentraciones más elevadas de los parámetros estudiados formando plumas de contaminación que se dirigen al N-NW del sitio. Asimismo, éstos datos parecen indicar que las plumas de contaminación responden a las épocas de precipitación pluvial.

GEOH-09

MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL DEL FUNCIONAMIENTO DEL ACUIFERO DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Rodrigo González Enríquez^{1,2}, Luis Ernesto Marín Stillman² y Adrian Ortega Guerrero³

¹ Instituto Tecnológico de Sonora

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Instituto de Geología, UNICIT, UNAM

El Valle del Yaqui incluye una sección de la planicie costera del Golfo de California en el Noroeste de México (26°45' a 28°00' Latitud Norte y 109°15' a 110°45' de Longitud Oeste). La disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas ha permitido el desarrollo de una extensiva e intensiva zona agrícola formada por los Distritos de Riego 041 del Río Yaqui y 018 de las Comunidades Yaquis.

En éstos distritos son de los importantes de México por su producción de alimentos, la cual es del orden de 1.5 millones de ton/año, principalmente de trigo, maíz, soya y algodón

Las aguas superficiales provienen principalmente de los escurrimientos del Río Yaqui, y son almacenadas en tres grandes presas, mientras que las aguas subterráneas se explotan de un acuífero regional costero de tipo aluvial.

Los acuíferos del Valle del Yaqui están formados por los sedimentos aluviales generados por los escurrimientos de los ríos de la región, son permeables y transmisibles en casi toda la planicie, principalmente sobre las márgenes de los ríos la cual se reduce hasta alcanzar contacto con las laderas y terrazas impermeables localizadas al Norte y Este del valle. Estos materiales depositados sobre las formaciones impermeables constituyen los únicos acuíferos de la región y participan en el sistema de recarga y descarga hidráulica. La recarga es por infiltraciones desde los ríos, presas, red de canales de riego y desde los suelos anegados por

aguas del riego y de la precipitación. La descarga de estos materiales ocurre verticalmente por el bombeo de pozos para uso agrícola y agua potable, flujo subterráneo horizontal hacia la red de drenaje agrícola, sección baja del Río Yaqui y Cocoraque, además del flujo subterráneo que descarga al mar. La diferencia entre recarga y descarga constituye la variación en el almacenamiento del acuífero regional del Valle del Yaqui.

El conocimiento sobre los recursos hídrico de ésta árida región es prioritario para la planeación de un desarrollo agrícola sustentable, ya que al Norte del acuífero del Valle del Yaqui se encuentran muy próximos, tres de los acuíferos más sobreexplotados de México, localizándose a 100 km el acuífero del Valle de Guaymas, a 250 km el del Sahuaral, y a 300 km el de la Costa de Hermosillo. Estos acuíferos presentan severos problemas por intrusión marina.

GEOH-10

INVESTIGACION SOBRE LAS POSIBILIDADES DE REINFILTRAR AGUA EN EL VALLE DE ATLIXCO, PUE.

Héctor Luis Macías González, Alberto Arias Paz y Martín Vidal García

Facultad de Ingeniería, UNAM

En la vertiente oriental del Volcán Popocatepetl, cercano al poblado de Atlixco, un extenso frente de aproximadamente 110 km² de coladas volcánicas es receptora del agua de lluvia y de las nevadas ocasionales que ocurren en esa vertiente. El agua recibida sobre esta amplia superficie se infiltra a través de un denso sistema de fracturas generando una recarga con movimiento preponderantemente vertical; al descender topográficamente atravesando el espesor de los derrames y al encontrarse con los depósitos epiclásticos y lahares, por contraste de permeabilidades, el movimiento se convierte en horizontal, después de haber recorrido algunos kilómetros y haber permanecido algún tiempo dentro de los basaltos. Al encontrar el agua las últimas porciones de los derrames lávicos, ocurren manantiales todos ellos alineados bajo un control estructural bien definido de rumbo sensiblemente N-S.

Las descargas naturales se localizan, de norte a sur, en San Baltasar Altlimeyaya, Metepec Abandonado y Axocoapan, con un caudal aforado de 3.88 m³/s. De éstas, una fracción del manantial de Axocoapan es utilizada para el abastecimiento de agua potable de Atlixco, otra fracción, la mayor y sin uso, descarga directamente en la barranca de Cantaranas, y otra se conduce por una red compleja de canales que cruzan la localidad y vierten sus volúmenes en la barranca de Cuescomate. Por otra parte, el Sistema Operador de Agua Potable (SOAPAMA), administra la operación de 16 pozos para la población con un caudal de 216 l.p.s, siendo ésta la principal fuente de abastecimiento, la cual ha generado en los últimos años abatimientos de 0.80 m/año.

La Facultad de Ingeniería de la UNAM, propuso llevar a cabo una investigación hidrogeológica con el objetivo de dar alternativas viables para reinfiltrar al subsuelo los caudales no aprovechados para intentar atenuar el ritmo de dichos abatimientos. Profesores y alumnos del curso de geohidrología de la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, con el fin de conocer la capacidad transmisora del acuífero, aforaron los volúmenes de los tres manantiales, efectuaron reconocimientos hidrogeológicos y realizaron 12 pruebas de bombeo, cuyos valores variaron de entre 0.018 m²/s y 9.5 m²/

s. Con éstos resultados, se propuso construir un pozo de absorción radial de gran diámetro con la finalidad de conocer la capacidad de toma. La primera prueba se realizó llenando de agua el pozo de prueba con 3.2 m de diámetro y 10.71 m de profundidad, ubicado a 14 m por encima del nivel estático.

Un volumen de 115 m³ se infiltró en 10 horas, por lo que se concluye que el pozo tomó a razón de 3.2 l.p.s. durante la prueba. El llenado de la noria no fue constante y fue a razón de 10 l.p.s. con un llenado del 75 %. En las 2 primeras horas del llenado, se presentó flujo de agua en un pozo de observación localizado a 2.7 m del de prueba, reconociendo principalmente zonas de fracturamiento. De lo anterior se deduce que de contar con carga constante y drenes radiales, los volúmenes de infiltración aumentarían considerablemente de tal manera que pudiera infiltrarse por lo menos un caudal de 100 l.p.s. con la construcción de por lo menos 12 obras similares, localizadas en el frente de recarga natural del acuífero sobreexplotado. Esto ayudaría a reducir la tendencia de los abatimientos a un bajo costo.

En cuanto a la calidad del agua que se infiltraría, se tiene previsto, en función de la capacidad de recursos del SOAPAMA, realizar análisis físico químicos de los manantiales ya que éstos son contaminados desde los primeros metros de su nacimiento. También se realizará un análisis de la infraestructura de conducción ya que es posible utilizar la existente dando un saneamiento adecuado. El éxito obtenido en la prueba de infiltración, permite la continuación de las investigaciones con perspectivas igualmente exitosas y con la consecuente preservación del agua subterránea.

GEOH-11

PREDICCIONES NUMÉRICAS DE LOS HUNDIMIENTOS REGIONALES DE CHALCO, DISTRITO FEDERAL Y ESTADO DE MÉXICO

Ortega-Guerrero Marcos Adrián
Instituto de Geología, UNICIT, UNAM

Gran parte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) se encuentra construida sobre sedimentos lacustres, altamente compresibles, que cubren un acuífero granular regional. La extracción de agua subterránea en este acuífero semiconfinado da lugar a la consolidación de los sedimentos lacustres que le sobreyacen causando hundimientos regionales. En el centro de la Ciudad de México existen hundimientos totales de hasta 10 metros, después de más de un siglo de extracción de agua subterránea; mientras que en la región lacustre de Chalco, ubicada al suroeste de la ZMCM, la misma magnitud de hundimientos se ha dado en menos de treinta años de explotación del acuífero. Los mecanismos de consolidación se estudiaron independientemente bajo criterios de mecánica de suelos e hidráulicos, basados en propiedades físicas constantes y continuas a través del subsuelo y del tiempo, además de basarse exclusivamente en observaciones de la evolución de los hundimientos. La presente investigación, incluye ecuaciones integradas de geomecánica e hidráulica, considerando la variación no-lineal, del comportamiento transitorio de los sedimentos lacustres al bombeo en el acuífero; utiliza mediciones de parámetros con la profundidad y la variación de la presión de poro con la profundidad y su evolución en el tiempo, para calibrar un modelo transitorio, unidimensional de flujo y consolidación. Con base en ello, se realizan simulaciones de predicción hasta el año 2010. Los mecanismos de consolidación establecidos y las predicciones muestran lo grave de la situación en que se encuentra las

poblaciones que se ubican en las zonas lacustres de Chalco y sus alrededores, donde se tendrán hasta 15 metros de hundimiento totales para ese año. Los resultados muestran también el riesgo por inundación con agua pluvial y aguas residuales urbanas e industriales a las que está sujeta algunos sectores, como Valle de Chalco, que sufrió inundaciones el pasado mes de mayo.

GEOH-12

MODELO DE PLANEACIÓN PARA EL MANEJO DEL ACUÍFERO DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MEDIANTE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN-SIMULACIÓN

Salvador Díaz Maldonado
Instituto Tecnológico de Sonora

El acuífero del Valle del Yaqui tiene un potencial de extracción aproximado de 450 a 500 hm³/año (Canales y Díaz, 1990), pudiendo aumentar hasta 600 hm³/año en períodos cortos de tiempo (dos años). Sin embargo, debido principalmente a los altos costos del bombeo por consumo de energía eléctrica, los cuales son el 30% de los costos de operación del Distrito, durante los últimos 10 años el bombeo ha decaído sustancialmente. Lo anterior se ha visto reflejado en la elevación de niveles freáticos, con los consecuentes problemas de salinización de tierras y de drenaje. Además, al disminuir durante tanto tiempo el bombeo, los equipos electromecánicos se han deteriorado, disminuyendo a su vez el potencial de extracción.

Es conocido que durante los últimos cinco años el noroeste del país sufre una fuerte sequía, lo cual ha provocado que durante los últimos tres años (incluido este), se hayan eliminado los segundos cultivos, impactando negativamente en el desarrollo socioeconómico de la región. También, para aprovechar al máximo el recurso hidráulico, se aumentó la extracción a la capacidad máxima de bombeo.

Por lo anterior se considera necesario obtener una estrategia para el manejo del acuífero, mediante programación matemática (optimización-simulación) que permita apoyar la toma de decisiones de los administradores del recurso.

Maddock III (1972), propone una técnica de simulación para obtener una función tecnológica algebraica, a través de la cual se puede modelar un acuífero con el fin de optimizar su manejo. Heidari (1982) así como Khosrow y Yazicigil (1996), aplicaron esta técnica para obtener el potencial de un acuífero.

Con el fin de aplicarlo en el acuífero del Valle del Yaqui, se resolvieron preliminarmente ejemplos tipo con el fin de comprobar la confiabilidad de los resultados entre optimización vs simulación al modelar un acuífero confinado como libre; obteniéndose diferencias de menos del 1% cuando el abatimiento es insignificante comparado con el espesor del acuífero, como es el caso que nos ocupa. Posteriormente se aplicó el modelo en el acuífero, seleccionando el ciclo 1982-83, debido a que se incluye en uno de los últimos estudios de modelación en la región (Canales y Díaz, 1990).

Mediante la técnica anterior se distribuye el bombeo demandado anualmente, minimizando los abatimientos en el acuífero, combinando modelos de optimización y simulación.

Bibliografía:

Canales, E.A. y Díaz, M.S. 1990. Planeación del Uso Conjunto de Aguas Superficiales y Subterráneas en el Valle del Yaqui, Sonora. 3ra Parte. Informe Técnico. Instituto Tecnológico de Sonora.

Maddock III, T. 1972. Algebraic Technological Function from a Simulation Model. Water Resources Research. Vol. 8, No. 1. pág. 129-134.

Hallaji, K, y Hasan, Y. 1996. Optimal Management of a Coastal Aquifer in Southern Turkey. Journal of Water Resources Planning and Management. Vol. 122, NO. 4, pág. 233-244.

Heidari, M. 1982. Application of Linear System's Theory and Linear Programming to Ground Water Management in Kansas. Water Resources Bulletin. Vol. 18, No. 6. pág. 1003-1012.

GEOH-13

NUEVAS APORTACIONES PARA EL ENTENDIMIENTO DEL MODELO HIDROGEOLOGICO DE LA COSTA DE HERMOSILLO, UTILIZANDO ISOTOPOS AMBIENTALES (O-18; D) Y FECHAMIENTO DE AGUA (C-14)

Rangel-Medina Miguel, Valenzuela Luis Herman y Cortes Alejandra
Universidad de Sonora

En el área de estudio afloran rocas de edades que varían desde el Paleozoico hasta el Cuaternario y están constituidas por rocas tanto sedimentarias como ígneas intrusivas y extrusivas.

Para el subsuelo se propone una estratigrafía con la presencia de tres unidades principales:

Unidad Superior. Constituida principalmente por arenas, gravas, boleas y pocas arcillas no consolidadas. Esta unidad inicia prácticamente desde la superficie y varia en espesor hasta una profundidad mínima de 200 m y hasta 340 m como máximo. Esta unidad constituye el acuífero de la Costa de Hermosillo.

Unidad Media. Paquete de sedimentos constituido por limos, arcillas y arenas con algunos horizontes arcillo-arenosos con fósiles marinos del Mioceno. El espesor de esta unidad varía de 200 m hasta 560 m y su parte mas superior encuentra a una profundidad que varía de 180 a los 340 metros. Esta unidad posiblemente corresponde a una secuencia progradacional de depósitos deltaicos.

Unidad Inferior. Compuesta por arenas gravas y arcillas semi-consolidadas con algunas intercalaciones de rocas volcánicas (basalto y riolita). Tiene un espesor de 624 metros. Esta secuencia se encuentra sobre el basamento granítico.

Basamento. El basamento en esta cuenca corresponde a rocas graníticas y volcánicas (andesita y riolita) y se encuentra a diferentes profundidades: desde 182 m hasta 1086 m.

La información de este nuevo modelo hidroestratigráfico de la Costa de Hermosillo, es consistente con la concentración isotópica que caracterizó las diferentes aguas de la cuenca del Río Sonora. Se muestran las coincidencias entre los tipos de aguas de esta cuenca,

de acuíferos ubicados gradiente arriba de la Costa de Hermosillo, las diferencias con las aguas del acuífero de la costa, sus edades y posibles orígenes así como las evidencias de la penetración de la intrusión marina.

GEOH-14

ESTUDIOS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN EL VALLE DE GUASAVE, SINALOA MEDIANTE EL MÉTODO EM-34

J. Herrera B.¹ y M. Norzagaray Campos²
¹ CICESE
² CIIDIR, Sinaloa

En el Valle de Guasave, Sinaloa se desarrolla una intensa actividad agrícola, con una superficie cultivable del orden de las 163,000 has en el municipio de Guasave. No obstante que el Valle es irrigado por los rios Sinaloa y el arroyo Ocoroni, así como el agua de las presas Bacurato y El Sabinal, la intensa sequía que ha padecido la región durante el año pasado y parte de éste, resalta el interés por el CIIDIR-SINALOA, JUMAPAG y CICESE por conocer el acuífero granular en dicho valle. Por lo que, con el propósito de conocer la geometría del acuífero superficial y la naturaleza de los materiales que lo conforman, se realizó una campaña de Sondeos Electromagnéticos con la técnica de inducción electromagnética EM-34. La interpretación se realizó para cada uno de los sondeos mediante modelado directo unidimensional, restringiendo el modelo a datos conocidos como el perfil del suelo, así como profundidades del nivel freáticos de pozos existentes en el área. De la interpretación de los sondeos electromagnéticos se obtiene una sección electroestratigráfica, la cual muestra la distribución de los materiales en el subsuelo (zona vadosa y saturada).

GEOH-15

MODELADO GEOFÍSICO DE DOS ACUÍFEROS RELACIONADOS CON EL RÍO GUANAJUATO

J.A. Randall Roberts y I.E. Torres Jaime
Escuela de Ingeniería Civil, Instituto de Ciencias Agrícolas

El agua subterránea en la franja cerca al Río Guanajuato, entre los Municipios de Guanajuato y Silao, circula en dos acuíferos; uno somero y colgado y otro más profundo parcialmente libre. El valle del río fue estudiado por métodos de potencial espontáneo resistividad y magnetometría con el fin de determinar los controles que limitan el fondo y los márgenes del acuífero somero. Todas las curvas de potencial espontáneo han desarrollado armónicas de una frecuencia o longitud de onda muy corta indicando un flujo somero irregular en el acuífero colgado o somero. La limitante o base hidrológica del acuífero somero es una capa de barro y toba muy fina con una resistividad eléctrica de 5-8 ohm metros y un grosor de 10 - 50 mts. qué fue bien definida por sondeos eléctricos. Varios perfiles fueron realizados a través del valle con un magnetómetro fluxgate. El análisis gráfico de las curvas por el método de "medios anchos" e ángulos "Z" de cambios en el amplitud de la anomalía magnética en gammas, indican profundidades de la anomalía entre 60 y 100 metros. Esta profundidad corresponde al fondo de las tobas barrosas, y la cima del material volcano clástico con probables intercalaciones de riolitas; éstas se observan en la región, y aparentemente fueron alcanzadas por uno de los SEV. Los niveles estáticos oscilan entre 70-100 mts. En pozos de buen gasto (más de

15 lts./seg. o más) los con niveles de bombeo están alrededor de 150 mts.; por lo tanto, la capa dura abriga acuíferos en grietas. Hay pozos que muestra agua termal, probablemente originado por las mencionadas riólitas jóvenes. Un poco de confinamiento debajo de la capa tobácea está indicado en el acuífero inferior. Se espera que con perfiles más largos será posible de modelar las armónicas con potencial espontáneo al mayor horizonte de flujo en el acuífero inferior. El motivo del contraste magnético entre la capa blanda de tobas barrosas con la capa inferior de material volcanoclástico no está definido todavía, pero puede ser debido a fragmentos máficos dentro de los volcanoclásticos arriba mencionados.

GEOH-16

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA PRELIMINAR DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE ETLA, OAX

L. Flores, R. Chávez, A. Tejero, J. Urbietta, O. Campos, J. Herrera, S. Belmonte y M. Norzagaray
 Instituto de Geofísica, UNAM
 Facultad de Ingeniería, UNAM
 CICESE
 CIIDIR, IPN

En los últimos años la demanda de agua potable en las grandes ciudades se ha incrementado considerablemente debido, principalmente, al incremento de la población en estas ciudades. Oaxaca de Juárez, capital del estado de Oaxaca, es un ejemplo de este fenómeno. El suministro de agua de la capital proviene de los valles centrales de Oaxaca. Uno de los acuíferos que más contribuye es el del Valle de Etlá. Este produce el 80% de agua usada en agricultura, industria y consumo humano. Sin embargo, el crecimiento desordenado de la ciudad, así como la excesiva explotación pone en riesgo de contaminación dicho acuífero. Con la finalidad de determinar la geometría del acuífero y cuantificar su volumen se realizaron varios estudios geofísicos. Estos servirán posteriormente para realizar un modelo de flujo y transporte que ayude a establecer una política de extracción más apropiada. Además, ayudará a discriminar zonas de alto riesgo de contaminación. En el presente trabajo solo se presenta la caracterización geofísica de dicho acuífero apoyándose en estudios de gravimetría, magnetometría, tomografía eléctrica y sondeos eléctricos verticales, muchos de los cuales se llevaron a cabo con el apoyo del CIIDIR-IPN de Oaxaca.

La interpretación gravimétrica nos permitió inferir la geometría tridimensional del Valle de Etlá. Las columnas estratigráficas de pozos nos proporcionaron información sobre los paquetes sedimentarios de relleno y nos ayudaron a estimar parámetros geohidrológicos de las formaciones. El horizonte sedimentario está constituido principalmente por arenas, gravas, arcillas y lutitas. Los sondeos eléctricos nos permitieron estimar una zona vadosa de 30m. de profundidad. El método de Theis simplificado combinado con un proceso estadístico nos permitió evaluar transmisividades hidráulicas que oscilan entre 15 y 209 m²/día en el acuífero.

La tomografía eléctrica se utilizó para delimitar la superficie del acuífero y complementar los datos anteriores. Esta técnica tiene la ventaja sobre los SEV's de tener una alta capacidad de definición de los cambios horizontales de resistividad del subsuelo, además de definir los cambios verticales. La tomografía se realizó sobre perfiles perpendiculares a las zonas de interés del acuífero. En este trabajo se presenta la interpretación de tres secciones en distintas zonas.

La integración de los estudios que aquí se presenta, nos permitió caracterizar el estado actual del acuífero para que posteriormente pueda realizarse un modelo tridimensional de flujo y transporte bajo diferentes escenarios de explotación y de eventual contaminación.

GEOH-17

ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOHIDROLOGICOS EN EL AREA DE JIMENEZ - CAMARGO, CHIHUAHUA (AVANCE A 2000): MODELO CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO Y GEOQUÍMICA

Miguel Royo Ochoa^{1,2}, Rafael Chávez Aguirre¹, Jaime H. Urrutia Fucugauchi³, Ofelia Morton Bermea⁴, Luis M. Alva Valdivia³, Elizabeth Hernández Alvarez⁴ y Rosario Gil Arras¹

¹ División de Investigación y Posgrado, Facultad de Ingeniería, UACH

² Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

³ Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM

⁴ Laboratorio Universitario de Geología Isotópica, Instituto de Geofísica, UNAM

La Facultad de Ingeniería UACH y el Instituto de Geofísica, UNAM, a través de un convenio de intercambio académico desarrollan los estudios interdisciplinarios que se vienen realizando en la parte sur del estado de Chihuahua, estos forman parte de un proyecto de investigación a largo plazo, que permitirá comprender mejor el entorno geológico y geohidrológico de la zona, conceptualizado dentro de un marco tectónico regional.

El acuífero de Jiménez - Camargo, que se ubica al sur de la ciudad de Camargo, Chih., ha sido explotado con mayor intensidad desde hace más de cincuenta años, con propósitos agrícolas, pecuarios y de abastecimiento de agua potable en las localidades de la región; en cuanto al aspecto de abastecimiento, en años recientes, este ha preocupado a los organismos federales y estatales (CNA y JCAS), por la calidad del agua, pues durante la ejecución de análisis químicos de las aguas, se han detectado en ocasiones valores altos de algunos elementos traza en algunos pozos destinados a este objeto.

En el área de estudio afloran rocas que van en edad desde el mesozoico hasta el reciente. El acuífero se aloja en las unidades más jóvenes (Cuaternario), que están conformadas por materiales detríticos, de origen aluvial; estos sedimentos se depositaron en un valle tectónico (fosa) originada durante la Orogenia Laramídica. Volcanismo de composición basáltica se manifiesta a finales del Terciario y quizá en el Cuaternario, encontrándose al parecer interestratificado con los sedimentos clásticos de relleno.

El acuífero se aloja en un medio poroso granular, que desde el punto de vista de su conductividad hidráulica es heterogéneo y anisotrópico; es un acuífero libre, cuyo flujo subterráneo tiene una dirección predominante hacia el norte; los valores de transmisividad en el acuífero oscilan entre 3.46 m²/día y 1987.2 m²/día. La recarga principal del sistema acuífero se da por la infiltración de aguas proveniente de corrientes superficiales, preferentemente por los ríos Florido, Valle de Allende y Parral, también debe ser considerable la que aporta el campo basáltico que se ubica en la parte central del área; las principales descargas se

dan por la extracción que se realiza por los más de 1100 pozos y las aproximadamente 350 norias. El acuífero se encuentra sobreexplotado, y su abatimiento varía entre los 0.50 m. y 2.5 m por año.

En esta fase del estudio se tomaron veintiocho muestras distribuidas en el acuífero, utilizando parámetros geoestadísticos de distancia, en pozos de uso agrícola y pecuario, las cuales fueron analizadas por elementos traza. Con los resultados y otra información geoquímica compilada, se pretende establecer un modelo hidrogeológico sobre su origen.

GEOH-18

HYDROGEOLOGICAL AQUIFER ASSESSMENT AND K-T REGIONAL TECTONIC EVOLUTION: THE IMPLICATIONS OF THE STRUCTURAL TRENDS OF RED CONGLOMERATES DEPOSITIONAL BASINS, IN CENTRAL MEXICO

Jesús Nájera-Garza
Consejo de Recursos Minerales

THIS RESUMÉ DEALS WITH THE EAST-WEST STRUCTURAL TREND OF THE ZACATECAS RED CONGLOMERATE DEPOSITIONAL BASIN, WHERE THE ARROYO DE LA PLATA ABRUPTLY CHANGES ITS N-S COURSE, ON THE SIERRA DE ZACATECAS HORST, TO AN E-W FLOW; AND ITS OUTCROPS TO THE WEST, NEAR VALPARAÍSO (WHERE IT WAS DATED BY FOSSIL POLEN, AS MID-PALEOCENE TO EARLY EOCENE), ABOUT 50 KM W FROM THE ZACATECAS CAPITAL CITY, AND IT ALSO CROPS OUT UNDER A THIN VOLCANIC COVER, SOUTH OF JIMÉNEZ DEL TEUL, IN THE NORTHERN EXTENSION OF THE BOLAÑOS GRABEN, OF BASIN AND RANGE AFFINITY. EAST OF ZACATECAS CITY THE RED CONGLOMERATE APPEARS NEAR OJO CALIENTE, AND S-E OF THIS TOWN. THIS LONG E-W ORIENTED DEPOSITIONAL BASIN APPARENTLY IS SIMILAR, BUT OLDER, TO THE (MIDDLE EOCENE-EARLY OLIGOCENE) BASIN OF THE GUANAJUATO RED CONGLOMERATE, IN REGARDS TO STRUCTURAL TRENDS.

THESE APPARENTLY GENETIC SIMILAR ORIGIN, MAY IMPLY A DEEP CRUSTAL TECTONIC RELATION WITH THE VERY YOUNG, LATE TERTIARY-QUATERNARY TRANSMEXICAN VOLCANIC BELT.

THIS FIELD EVIDENCES, HAVE VERY CLOSE IMPLICATIONS IN THE HYDROGEOLOGIC RESEARCH AND EVALUATION OF REGIONAL AQUIFERS, ALSO AFFECTED BY THE MID-TERTIARY VOLCANISM AND BASIN AND RANGE TECTONIC EVOLUTION, OF CENTRAL AND NORTHERN MEXICO. IT IS CONSIDERED HERE, THAT THE CLEAR INTERPRETATION AND CORRELATION OF THESE GEOLOGIC EVENTS, HAVE A PARAMOUNT IMPORTANCE IN THE SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE HUMAN COMMUNITIES, AND ITS RISKS OF A POSIBLE ENVIRONMENTAL NEGATIVE IMPACTS IN THE NATURAL ECOSYSTEMS, ON THE SOIL SURFACE AND UNDERGROUND, DOWN TO A DEPTH OF AROUND 500 M.

GEOH-19

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA ZONA NO SATURADA EN PARCELAS AGRÍCOLAS. DINÁMICA DEL FLUJO Y PROCESOS HIDROGEOQUÍMICOS

Jaime Alonso Reyes López¹ y Antonio Sastre Merlín²

¹ Instituto de Ingeniería, UABC

² Depto. de Geología, Universidad de Alcalá

En una parcela agrícola experimental localizada en la vega aluvial del Río Tajo al sur de Madrid, se instaló un dispositivo experimental para realizar el seguimiento del lixiviado agrícola producido por el riego a través de la Zona No Saturada (ZNS) y hasta el acuífero. La parcela de 3 hectáreas de extensión ubicada sobre terrenos aluviales, donde, con el fin de realizar un análisis comparativo, una parte se fertilizó con lodos de depuradora y urea en cobertera y el resto con abonos químicos. Así, el objetivo general fue conocer la influencia de la aplicación agrícola de los lodos de depuradoras sobre la calidad química del agua de percolación en los suelos.

De este modo, en cada subparcela de aproximadamente 1 hectárea se colocó por triplicado una serie de tomamuestras con cápsulas cerámicas a las profundidades de 30, 60, 90, 120 y 150 cm (45 tomamuestras), con el fin de realizar el seguimiento de la fase acuosa. Además se instalaron un conjunto de tensiómetros a las profundidades de 30, 45, 60 y 90 cm. para medir indirectamente la humedad del suelo. El nivel freático se controló mediante un pozo ubicado en la finca y con la instalación de un piezómetro por conjunto de tomamuestras (9 piezómetros). Las condiciones y prácticas agrícolas tradicionales no modificaron. El sistema de riego es por inundación con un valor aproximado de 1500 m³/ha y riego (150 mm).

Los parámetros que nos permiten caracterizar el medio en la ZNS se relacionan con las propiedades siguientes: 1) la química del agua. 2) las propiedades de almacenamiento -contenido de agua-, 3) las propiedades de transmisión y 4) parámetros agroclimatólogicos y edáficos. Así, para la obtención de las muestras de agua en la ZNS se utilizaron los tomamuestras de succión. Dichas muestras fueron analizadas posteriormente en el laboratorio. Los otros parámetros se obtuvieron mediante ensayos de campo (medidas de infiltración y curva característica del suelo), análisis de suelo en laboratorio, análisis de información meteorológica, entre otras acciones.

Entre otros, los resultados de la experiencia son:

1. Con relación a los procesos hidrogeoquímicos, el proceso dominante es la ET; calculada mediante los cloruros se estima en torno al 70%. Así la tasa de percolación se sitúa próxima al 30%. La ET induce en el agua de riego una saturación importante de sales que produce una serie de reacciones hidrogeoquímicas; entre las observadas son las siguientes: la oxidación de la materia orgánica y de nitrógeno-amoniaco, la disolución de yeso, la precipitación de calcita y/o dolomita y el intercambio Ca-Mg y Ca-Na, independiente del tipo de abonado. Así, la dosis de lodos de depuradora aplicada no afecta la característica físico-química del lixiviado de riego. La cantidad de fertilizante orgánico aplicado es apropiada y no induce una carga excesiva para el suelo.

2. Con relación al flujo de agua. La dinámica del flujo en la ZNS obedece una compleja relación entre las oscilaciones del nivel freático, la evapotranspiración y el riego.

3. Con relación al nitrógeno aplicado: Los lodos de depuradora no aportan un exceso de nitrato que pueda contribuir a un deterioro de la calidad del agua del acuífero, respecto al abonado químico. Aunque parte del nitrógeno se incorpora irremediablemente al acuífero, las condiciones texturales de la ZNS -que retienen en forma de amonio parte del nitrógeno aplicado-, la desnitrificación y la actividad vegetal son los principales factores que regulan su concentración. Así, la lixiviación de NO_3^- al acuífero es escasa y la calidad de este se mantiene dentro de los límites permitidos por la legislación vigente (50 mg/l).

GEOH-20

RIESGOS DE INUNDACIÓN Y PREVENCIÓN EN EL RÍO LA COMPAÑÍA Y DREN XOCHIACA EN CIUDAD NEZAHUALCOYOTL

Héctor L. Macías González, Alberto Arias Paz y Martín Carlos Vidal G.

Facultad de Ingeniería UNAM

Ciudad Nezahualcoyotl se encuentra asentada en el lugar menos indicado debido a que es la zona de menor elevación de todo el Valle de México, por ello, es prácticamente imposible protegerla de las inundaciones, dado que se localiza en el extremo sur del exlago de Texcoco, a donde convergen todos los escurrimientos naturales y controlados del Valle de México. Ciudad Nezahualcoyotl está limitada al norte por el Dren Xochiaca, al oriente por el Río La Compañía y al poniente por el Río Churubusco con sus dos canales y sus lagunas de regulación.

Ciudad Nezahualcoyotl tiene cerca de 3.5 millones de habitantes; requiere para su subsistencia, un caudal de agua potable de $3.3 \text{ m}^3/\text{s}$, de los cuales $0.921 \text{ m}^3/\text{s}$ provienen del subsuelo del municipio a través de 8 pozos, cuyo efecto a lo largo del tiempo, ha ocasionado el hundimiento del terreno en 60 cm promedio por año. El resto del suministro es proporcionado por fuentes externas al Municipio.

Las aguas residuales son conducidas mediante un sistema de cárcamos hacia el Dren Xochiaca y al Río La Compañía. El caudal promedio vertido al primero es de $2.13 \text{ m}^3/\text{s}$ a través de 4 cárcamos. Hacia el Río La Compañía se vierten $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$ mediante 3 cárcamos, el estado actual de la infraestructura hidráulica presenta algunos puntos críticos: Sobre el Río la Compañía el primer punto se localiza frente al cárcamo La Esperanza, donde la descarga se encuentra ahogada y el bordo libre es reducido. El segundo punto es el tramo que ocupan el Estadio Neza y la Universidad Tecnológica; donde los perfiles topográficos de la plantilla del cauce presentan altos y hondonadas. El tercer punto conflictivo se localiza en las inmediaciones del cárcamo Carmelo Pérez, cuyo trazo es irregular en altura y en amplitud.

En el Dren Xochiaca la descarga del cárcamo Maravillas es el principal punto conflictivo ya que descarga ahogado y prácticamente no existe bordo libre. En general el Dren Xochiaca trabaja como un estanque ya que su pendiente es casi nula, 0.01 al millar.

En el Río Churubusco en su canal brazo derecho, se realizó una simulación de acuerdo a la precipitación máxima extraordinaria ocurrida en el mes de septiembre de 1998, en donde se encontró que para un gasto de $270 \text{ m}^3/\text{s}$, se obtenía en nivel de 2231.78 m.s.n.m., mismo que corresponde a la elevación en la planta Churubusco Lago de 8.78 m. Esa misma elevación se encontraría 2 metros por encima del bordo derecho de Río Churubusco.

El subsuelo donde se encuentra asentado el municipio es altamente compresible. Los depósitos superficiales corresponden a arcillas plásticas con un índice de saturación del 250 %, 33 metros de espesor, $S=1.66$ calculado en 1973 y funciona como un acuitardo cuyo flujo es esencialmente vertical. El segundo depósito es la denominada capa dura de 3 metros de espesor y $S=1.77 \times 10^{-4}$ y funciona como el primer acuífero con flujo horizontal. El tercer depósito es la formación arcillosa inferior de 17 metros de espesor y $S=0.26$ y funciona como el segundo acuitardo.

Subyaciendo a estos depósitos se encuentran los aluviales profundos, que tienen 9 metros de espesor $S=7.3 \times 10^4$ y funciona como el segundo acuífero. Debajo de todos estos horizontes se han registrado 124 metros de arcillas, limos y arenas que funcionan como acuitardo, pero del que se desconocen sus características hidrogeológicas. Por último subyaciendo derrames basálticos de hasta 80 metros de espesor, de los que también se extraen volúmenes importantes.

El hundimiento del terreno es producto de la consolidación de los horizontes arcillosos superficiales por sobreexplotación del acuífero, prueba de ello es la presencia de fallas activas en suelos localizadas en el área y que algunas de ellas se proyectan hacia el cauce de los ríos que conducen aguas negras, aumentando aún más el riesgo de posibles riesgos geológicos.

GEOH-21

ISOTOPE HYDROGEOCHEMICAL AQUIFER ASSESSMENT, IN WEST-CENTRAL AGUASCALIENTES STATE, MEXICO (AN ADVANCE REPORT)

Jesús Nájera-Garza

Hidrogeología Regional, Consultor Privado

This isotope hydrogeochemical research and assessment of aquifers, is an endeavour that has been taken of a so much delated task, that is very well grounded on the ample and profound understanding of academic and applied geological research, undertaken by all of the Mexican and international institutions, interested in the knowledge of the complex and outstanding geologic features, observed in the whole Mexican territory.

The use of stable isotopes ratios, such as $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, D/H, T/H, $^{37}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$; and complemented by the common physico-chemical groundwater parameters, and trace elements and compounds; makes it possible to date the age (in years) of the groundwater, since it rained to sampling time, and also to define its hydrogeological trajectory, or flow history, and its recharge area; and best of all, estimate the stored groundwater volume that can safely and efficiently be exploited.

These very facts and results, of the stable isotope hydrogeochemical research and evaluation, is also useful in identifying buried unknown mineral ores of quite diverse origins,

complementing the already available geological-mining and geophysical information on the region of interest.

GEOH-22

INDICES DE VULNERABILIDAD DEL ACUIFERO DEL VALLE DE ZAACHILA, OAXACA Y ELABORACION DE UN SIG PARA SU MANEJO

Belmonte-Jiménez S.I., Aragón-Sulik M, Bautista-Belmonte A. y Navarro-Mendoza S.
CIIDIR, Unidad Oaxaca, IPN

El acuífero granular del Valle de Zaachila, Oaxaca, es de gran importancia ya que en esta zona se encuentra la mayor cantidad de pozos profundos que abastecen a la Ciudad de Oaxaca y sus zonas conurbadas, por lo que se realizó la valoración de la vulnerabilidad a la contaminación por aguas residuales, principal fuente de contaminación a los cuerpos de agua y subsuelo.

Para conocer el espesor de la zona no saturada, se realizaron mediciones de piezometría la cual esta formada principalmente por arcillas-arenas-gravas. Con los sondeos eléctricos verticales se determinaron las profundidades del basamento geohidrológico en algunos sitios que presenta un espesor muy variable de 10-90 m ampliándose hacia el sur del valle.

Una vez determinados los parámetros correspondientes se aplicaron los métodos DRASTIC y AVI para valorar la susceptibilidad a la contaminación superficial. La vulnerabilidad determinada con ambos métodos reportan una variación de media a alta. En el caso de los índices del método DRASTIC se obtuvieron índices altos (mayores de 101), donde los principales parámetros que influyen son los niveles estáticos, la pendiente del acuífero y el impacto en la zona vadosa. En el caso de los parámetros que influyen en el método AVI, el parámetro de mayor influencia son los niveles estáticos que fluctúan de 2-8 m de profundidad.

Para la presentación de los resultados, se creó un Sistema de Información Geográfico, herramienta importante de apoyo en la Geohidrología. Para este fin se empleó el software IDRISI, el cual permite manejar variables en el espacio. De manera paralela se creó una base de datos con los principales parámetros hidrogeológicos y se realizó la interpolación de éstos en el espacio.

La bondad de este sistema permitió agrupar los valores obtenidos en el espacio, con el fin de crear intervalos de las zonas con diferentes índices de vulnerabilidad. Además de estandarizar índices, esto facilita la comparación con otros sistemas acuíferos y permite visualizar objetivamente los mapas con sus respectivas bases de datos. El objetivo final será la creación de una base de mapas de vulnerabilidad del acuífero de la región.

GEOH-23

STABLE ISOTOPE HYDROGEOCHEMISTRY AND GROUND PENETRATING RADAR METHODS IN LIMESTONE AQUIFERS, POSSIBLE ASSESSMENTS IN ARID REGIONS OF NORTH-CENTRAL MEXICO

Jesús Nájera-Garza
Hidrogeología Regional, Consultor Privado

The mountains in the arid regions of north-central Mexico, are mainly of limestone interstratified with some sandstones and siltstones. In some of these sequences there are some evaporites strata, which render certain salinity to groundwater. The possible assessment of the aquifers in the underlying limestone formations, in the wide valleys, where such rocks are at shallow depths, can be proved positive; by means of field studies of the regional hydrogeology and sampling for stable isotope hydrogeochemical investigations, complemented by ground penetrating radar (GPR) methods.

The stable isotope use in this type of aquifer assessment, is quite new and has proved very assertive, regarding the determinations of areas of aquifers recharge, age of groundwater (i.e., time since it rained or snowed), and its flow directions, and probable volumes of groundwater stored in limestone and related rocks.

The ground penetrating radar methods are coupled with other geophysical procedures, involving very low frequency devices, and also some very recently developed magnetic transmitter-receivers.

It is quite necessary, to obtain really reliable results, that all these research field surveys, be accomplished by hydrogeologists with a field experience of, at least, 10 to 15 year.

GEOH-24

VULNERABILIDAD ACUÍFERA Y PARAMETRIZACIÓN GEOELÉCTRICA DEL SUBSUELO DE LA EMPRESA COBRE DE MÉXICO, S.A. DE C.V.

J.T. Silva García¹, J.A. Ramos Leal², R. Rodríguez Castillo², S. Ochoa Estrada¹ y R. Mondragón Guzmán³

¹ CIIDIR, Michoacán, IPN

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ ESIA, Ticoman, IPN

La presencia de altos contenidos de sulfatos y cobre en el acuífero somero de la empresa Cobre de México, S.A. de C.V., propicio que dicha compañía emprendiera un ambicioso programa de estudios tendientes al mejoramiento ambiental de la misma. Este estudio forma parte de ese programa. Los objetivos del proyecto fueron la caracterización geoelectrica del subsuelo, un análisis de la vulnerabilidad que presenta el acuífero somero utilizando el método AVI (Aquifer Vulnerability Index) y su correlación con la pluma contaminante detectada, usando como indicadores las concentraciones de Cu, Fe, Sb, Ni, As, y Zn.

Se analizo la distribución de concentraciones de los elementos arriba mencionados obteniéndose esquemas que permiten suponer que no hay migración lateral sino vertical y que existen fuentes puntuales. El mapa AVI de vulnerabilidad, obtenido con la

información de 26 pozos de observación, muestra 3 rangos distintos de vulnerabilidad con valores en días. Considerando que la empresa lleva más de 52 años de operación es de esperarse que la pluma contaminante estuviese más dispersa sin embargo esto no ocurre en el análisis de SU evolución para 1998, que muestra fuentes puntuales continuas con gradientes de concentraciones muy grandes lo que hace suponer que la mayor parte del tiempo se lleva a cabo un flujo vertical descendente.

Se obtuvieron valores de resistividad aparente y espesores de los estratos mediante SEVs, con aperturas electrocadas AB de hasta 90 m, en 9 sitios distribuidos a manera de secciones en las naves principales de producción, siendo la profundidad máxima de investigación alcanzada de 20m. Los resultados de los SEVs permitieron integrar 3 secciones geoelectricas y 5 planos de isoresistividades aparentes, pudiéndose definir un esquema en planta de la distribución del electrolito contaminante en el subsuelo.

La distribución de valores de conductividad eléctrica dentro de los rangos normales para aguas de buena calidad en los pozos de monitoreo más alejados de los principales fuentes de contaminación confirma el escaso flujo lateral. Las principales conclusiones son que existen fuentes activas, que no hay migración lateral importante sino vertical y que esta alcanza al acuífero inferior.

GEOH-25

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CIÉNEGA DE CHAPALA, MICH

S. Ochoa Estrada¹, J.T. Silva García¹, J.A. Ramos Leal² y S. López Díaz¹

¹ CIIDIR, Michoacán, IPN

² Instituto de Geofísica, UNAM

La región de estudio conocida como Ciénega de Chapala se localiza al NW del estado de Michoacán, correspondiéndose con el distrito de riego No. 24 de la SARH, con una superficie de aproximadamente 46.469 hectáreas; geológicamente ocuparía el extremo oriente del graben de Chapala, coexistiendo en ella más de 200,000 habitantes. El sistema acuífero de la Ciénega puede clasificarse como confinado en la parte central y semiconfinado en las márgenes existiendo cuatro unidades geohidrológicas en explotación: depósitos lacustres pliocénicos, basaltos y andesitas correspondientes a la denominada Secuencia Volcánica Intermedia; rocas basálticas pliocénicas y finalmente rocas basálticas cuaternarias.

El aspecto calidad es notablemente descuidado en las políticas de gestión. Pareciera que toda el agua subterránea no presentara alteraciones importantes en su calidad. No está por demás señalar que en las zonas agrícolas como es esta, se consumen grandes volúmenes de agroquímicos muchos de los cuales son persistentes, móviles y tóxicos aún en bajas concentraciones, de ahí la importancia de contar con el diagnóstico del problema ya manifiesto en la región y reconocido por los agricultores; los valores de concentraciones de sales no cumplen, en la mayoría de los casos con la norma, lo que ha repercutido en merma económica para esta actividad.

Con este trabajo se busca, incidir en el conocimiento sistemático de las distintas calidades químicas de las aguas subterráneas, sus probables fuentes de recarga, así como el tipo de

acuífero al que pertenecen, con la finalidad de integrar nuevas reglas de operación del mismo, a efecto de evitar al máximo el deterioro irreversible de la calidad de los suelos agrícolas. El muestreo geoquímico incluyó un total de 88 pozos profundos. Los primeros resultados permiten diferenciar cuatro distintos grupos de calidades, obteniendo datos máximos de hasta 4700 mms de conductividad eléctrica, así mismo han podido ser diferenciadas aquellas aguas cuya fuente de recarga se asocia a la presencia de cuerpos de agua superficiales (Lago de Chapala) o bien con elementos tectónicos.

GEOH-26

RIESGO POTENCIAL A LA SALUD DE NITRATOS Y NITRITOS EN EL VALLE DE MEXICALI, B.C.

J. Herrera B.¹, A.A. Cortez Lara², M. Norzagaray Campos³ y G. García Saillé²

¹ CICESE

² COLEF

³ CIIDIR, Sinaloa, IPN

El valle de Mexicali se conforma por más de 166 comunidades que sobrepasan los 100 habitantes, así como otras con menor población que suman del orden de 197,000 habitantes. De estas localidades 72 se abastecen de agua subterránea a través de pozos, destacando por el número de pobladores Ciudad Morelos, Ej. Hermosillo y Benito Juárez con más de 5000 habitantes cada una.

De las comunidades rurales del valle, el 83% de las viviendas no cuenta con drenaje, el 28% no cuenta con agua potable entubada, el 34% no tienen afiliación a algún sistema de seguridad social y un 44% no cuenta con servicios médicos en la comunidad.

Por otra parte, la actividad agrícola asociada a los fertilizantes y la carencia de drenaje son la principal fuente de aportes nitrogenados al suelo y subsuelo en el Valle de Mexicali, representando así un riesgo potencial a la salud, ya que concentraciones superiores a la normas establecidas de nitratos (45 mg/l) y nitritos experimentan toxicidad en infantes y un carácter precursor como cancerígenos al cuerpo humano.

Tomando como referencia lo anterior, en octubre del año de 1999 se realizó un muestreo de nitratos y nitritos en pozos de agua potable, así como una campaña de encuestas encontrándose que las concentraciones son inferiores a 1mg/l, esto debido en gran manera al sistema de filtros, lo cual indica a priori que no hay riesgos para la salud por nitratos y nitritos. No obstante ello, de 100 encuestas realizadas se observó que el 18.5% asocia enfermedades en los niños por el agua que toman, asimismo el 49.1% de los encuestados consideran que puede haber efectos en la salud por el agua que toman.

Por otra parte, se observa que hay una correlación entre la profundidad de niveles freáticos y las concentraciones de nitratos y nitritos: a mayor profundidad menor concentración. Lo anterior, aunado al sistema de filtros explica en buena manera las bajas concentraciones de nitratos y nitritos en el Valle.

PROSPECCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA KÁRSTICA ACUITLAPÁN-LAS GRANADAS, MUNICIPIO DE TAXCO DE ALARCÓN, GUERRERO

Israel Castrejón González y Rubén David Barrera González
Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Universidad
Autónoma de Guerrero
E-mail: icastrejon@yahoo.com

En este trabajo se plantea, la posibilidad de encontrar una fuente alternativa de suministro o abasto de agua subterránea para la población de Taxco de Alarcón, Guerrero.

Entre el borde oriental del Cerro del Huizteco (Zacatecolotla - Las Joyas) y las Granadas, existe un morfolineamiento estructural de rumbo N60°W; posiblemente asociado a una zona de cizalla o estructura de falla semiregional. Esta posible zona de cizalla se caracteriza superficialmente por una alta frecuencia de fracturamiento (valles intermontanos estrechos y alargados) y karsticidad (dolinas asociadas a cavidades sub-horizontales en el subsuelo); dicha expresión geomorfológica en superficie pareciera reflejar la existencia en el subsuelo de una serie de cavidades o galerías interconectadas.

Es sobresaliente, la presencia de arena depositada en el cauce y en el fondo de los charcos próximos a la gruta que marca el nacimiento del Arroyo Las Granadas, dicha arena es de grano grueso, constituida esencialmente por granos de cuarzo. Mediante correlación petrográfica se demuestra que este tipo de arena es idéntica a la que se observa en el cauce de los arroyos y en el fondo de los charcos que existen en las laderas del Cerro del Huizteco, derivados específicamente de la Riolita Tilzapotla.

La incógnita a responder, es entonces: ¿cuál es la causa, de que una arena derivada de un tipo de roca, que se localiza a casi 7 kilómetros de diferencia (distancia entre el Huizteco y las Granadas) se encuentre en las Granadas?. Es pertinente aclarar que entre ambos lugares no existe una corriente superficial (arroyo o río) que los comunique.

Se considera como respuesta más viable: que dicha arena se transporta subterráneamente desde El Cerro del Huizteco hasta La Gruta de las Granadas, implicando varios aspectos: a) existe comunicación subterránea entre tales lugares, b) el caudal que transporta dicha arena es de alta energía, y c) la principal fuente de aporte hidráulico al Acuífero de Acuitlapán-Las Granadas es proveniente del Cerro del Huizteco.

Durante el reconocimiento de algunas cavidades que se presentan en el área de estudio (Acuitlapán - Las Granadas) se observó lo siguiente: a) en el fondo de tales cavidades existe arena similar a la observada tanto en El Cerro del Huizteco como en Las Granadas, b) en el interior de las cavidades cercanas al Cerro del Huizteco se encontraron "piñas"; las cuales son el fruto de los árboles de pino u ocote que se encuentran en el cerro del Huizteco, y c) la presencia de un charco de 150 m de largo, 5 m de ancho y 2 m de profundidad en el interior de la Gruta de Las Granadas; cuya agua, fluye durante toda la época del año.

ESTIMACION DE LA ACTIVIDAD INTERNA DEL LAGO DE CHAPALA COMO FACTOR DE VARIACION DE SU CONTENIDO DE AGUA

Samuel Desentis León
CIIDIR, Michoacán, IPN

La disminución del volumen de agua en el Lago de Chapala, es indudablemente el problema más importante de este cuerpo receptor de aguas interiores que es el mayor en todo el territorio nacional Mexicano.

El objetivo de esta investigación es determinar si la variación volumétrica del agua contenida en el lago es exclusivamente debida a los fenómenos hidrológicos e hidráulicos que ocurren en su superficie o si interviene significativamente algún otro fenómeno que se desarrolla bajo el agua ya sea en el fondo lacustre o en sus litorales.

La actividad estacional interna del agua en este lago es estimada por diferencia entre la variación del contenido total del lago evaluada indirectamente por la Comisión Nacional del Agua a través de cotas medidas de superficie del agua correspondientes a volúmenes ya previamente tabulados, y la variación volumétrica reflejada por el intercambio externo que es obtenida como parte de este estudio por la suma de todas las descargas y tomas del lago individualmente estimadas para un año de equilibrio de masas como lo fue el de 1995.

Los resultados que arroja esta investigación revelan que existe una notable actividad hidráulica en el fondo del lago que se inicia en la temporada de lluvias y que termina en el período estacional posterior a ésta.

El detalle de esta actividad configura una inyección de agua desde el fondo del lago que se propone ser mejor estudiada tanto para determinar su variabilidad en años mas secos que el de estudio, así como para precisar la localización espacial de sus áreas de operación.

GEOH-29 CARTEL

MODELADO DE LA EVOLUCIÓN Y PROCESOS GEOQUÍMICOS EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DEL VALLE DE SANTIAGO, BAJA CALIFORNIA SUR

Carrillo-Chavez Alejandro¹, Castañeda-Ovando Pedro¹,
Navarro-Lozano Octavio² y Prieto-Mendoza Jesús²

¹ Instituto de Geología, UNICIT, UNAM

² Depto. de Geología, UABCS

Se presentan los resultados del modelado hidrogeoquímico de los procesos que se desarrollan en el agua subterránea del acuífero del valle de Santiago, en el extremo sur de la Península de Baja California. Esta área está localizada en la vertiente oriental de la sierra granítica de La Laguna, de donde se tiene la principal recarga al acuífero. El valle de Santiago se caracteriza por algunos manantiales que surten de agua a pobladores locales y por un incipiente desarrollo agrícola que se abastece de agua subterránea. El valle esta formado, en su parte superior por sedimentos aluviales, principalmente clastos gruesos de permeabilidad muy alta, y en la parte inferior por rocas sedimentarias terciarias consolidadas y

sedimentos compactos de origen marino. En sus márgenes y su base, el valle está limitado por rocas graníticas, y se asume que estas son la fuente principal de agua. Para la modelación hidrogeoquímica se usaron datos de 16 muestras de agua tomadas de pozos y manantiales del valle. En diagramas diversos de cationes o aniones vs. sólidos disueltos totales (SDT) se pueden apreciar 2 tipos principales de agua, así como los miembros extremos de cada uno de estos tipos de agua. Se usaron los programas MINTEQA2, PHREEQCI y NETPATH en diferentes etapas de modelado. Los principales procesos geoquímicos más probables que se están desarrollando en el acuífero, de acuerdo a los modelos son: (1) mezcla de dos tipos de agua (bicarbonatada sódica, y bicarbonatada cálcica-magnésiana); (2) disolución-precipitación de calcita; (3) intercambio catiónico entre Na y Ca; (4) evaporación. Los resultados combinados de hidrogeoquímica y modelado indican que existen en el acuífero dos flujos: (1) flujo somero en el material aluvial; y (2) flujo más profundo en las rocas sedimentarias. El uso de modelos hidrogeoquímicos es de gran importancia para determinar los procesos y evolución química de la agua subterránea, principalmente en regiones semiáridas como la del presente estudio. De esta manera se pueden programar acciones para optimizar este vital recurso.

GEOH-30 CARTEL

MÉTODOS QUÍMICOS Y GEOQUÍMICOS PARA EL SANEAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS CONTAMINADAS CON ARSÉNICO EN ZIMAPÁN, HGO.

N. Ceniceros, M.A. Armienta, O. Cruz, R. Rodríguez y A. Aguayo
Instituto de Geofísica, UNAM

Zimapan, Hgo., se localiza en una región semiárida en la parte central de México y ha sido uno de los principales distritos mineros de este país. A consecuencia de estas actividades y de sus características geológicas se ha contaminado con arsénico el agua subterránea que se destina al abastecimiento urbano de este municipio.

La detección de niveles de concentración de As por encima de las normas permitidas, ha dado origen a la realización de varios estudios que han llevado a caracterizar ampliamente la problemática, a evaluar el impacto ambiental y a buscar opciones para la prevención y control de la contaminación.

El cambio de la red de abastecimiento como una alternativa de control, en sí no resuelve el problema, ya que las áreas para explotación de pozos de alta productividad se encuentran muy contaminadas. Por otra parte los acuíferos volcánicos que contienen agua subterránea de mejor calidad, presentan baja productividad.

En este trabajo se proponen y se presentan los resultados de varios sistemas enfocados a tener una adecuada remoción de arsénico de tal manera que se pueda abastecer de agua de buena calidad a los habitantes de Zimapan, Hgo.

Se evaluó la eficiencia de sales de hierro como coagulantes, realizando pruebas a nivel laboratorio y planta piloto, obteniéndose una remoción aproximadamente del 95% de arsénico en uno de los pozos más afectados.

Se llevo a cabo, además, un tratamiento geológico utilizando rocas calizas de la formación Soyatal que afloran en el área, observándose también una disminución de As, dejándolo por debajo de la norma nacional de calidad del agua potable.

GEOH-31 CARTEL

ESTUDIOS AMBIENTALES EN TAXCO, GUERRERO ASOCIADOS A LA MINERÍA

O. Cruz¹, M.A. Armienta¹, O. Talavera², N. Ceniceros¹ y A. Aguayo¹

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, UAG

La explotación minera es una de las principales actividades de la ciudad de Taxco Gro. Desde la época prehispánica Taxco se distinguió por su importante producción de Plata y otros metales como Au, Pb, Cu y Zn. Los diferentes residuos después de la extracción de estos metales pueden constituir una fuente de contaminación para los recursos hídricos de la zona.

Se presentan los resultados preliminares de un estudio para evaluar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas del área de Taxco-Taxco el viejo. Se tomaron muestras de agua para determinar la concentración y el comportamiento de los metales pesados asociados a la actividad minera. En las muestras colectadas se determinaron varios parámetros en campo: la alcalinidad, pH, Eh, conductividad y temperatura. En el laboratorio se analizaron por Espectrofotometría de Absorción Atómica: As, Cr, Zn, Cu, Fe y Pb.

Los resultados obtenidos hasta la fecha indican que para estos parámetros en las muestras de agua de los pozos no se rebasan las normas establecida para agua potable, sin embargo en uno de los ríos y en lixiviados de jales presentan altas concentraciones de As, Pb y Zn.

GEOH-32 CARTEL

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA DEL ACUÍFERO DE LA REGIÓN LAGUNERA COAH-DGO. PARA EL PROYECTO DE RECARGA ARTIFICIAL

Iris Neri Flores
Facultad de Ingeniería, UNAM

La explotación del agua subterránea en el acuífero de la región de la Comarca Lagunera ha provocado un abatimiento en los niveles piezométricos y con ello la migración de agua subterránea con concentraciones de arsénico superiores a la NOM. Como una alternativa para preservar la calidad del agua se realizó un proyecto de recarga artificial a nivel piloto sobre el cauce seco del río Nazas. Para evaluar el sitio de infiltración se analizaron 41 sondeos eléctricos verticales con una longitud de 79 kilómetros así como cortes litológicos e información geológica complementaria, definiendo de este manera un perfil hidrogeológico que caracterizara esta zona.

Los resultados obtenidos muestran dos zonas bien diferenciadas, la primera corresponde a una zona con una discontinuidad en cuanto a resistividad definiendo dos materiales diferentes uno de los cuales se asocia con material de relleno de resistividades de 25 a 100 ohm.m y el otro con calizas, cuyas

resistividades son superiores a 100 ohm .m , esta zona abarca una extensión de 11 km; la segunda zona define un ambiente de depósitos aluviales, cuya litología se asocia con materiales arenarcillosos y resistividades menores a 100 ohm.m abarcando una longitud de 68 kilómetros.

Las zonas antes mencionadas son separadas por una discontinuidad que se asocia con una falla normal.

Con apoyo de lo anterior se considera que el sitio actual de recarga es permeable, sin embargo se recomienda realizar un experimento similar en la región de Villa Juárez ubicado en la primer zona antes mencionada, cerca de la derivadora San Fernando, debido a que el N.E. es más somero y presenta litología asociada con gravas y arenas lo que permitiría una mejor infiltración.

GEOH-33 CARTEL

ACTUALIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA GEOHIDROLÓGICA, ESCALA 1:250 000 DEL INEGI: CASO “CARTA GUADALAJARA”

Juan Manuel Medina Rodríguez y José Agustín García Estrada
Hidrología, Subdirección de Geografía, Dirección Regional de
Occidente, INEGI

Este producto cartográfico es el resultado de la etapa de modernización que vive el área de Geografía del Instituto Nacional de estadística, Geografía e Informática (INEGI); se inició analizando la cartografía anterior, de la cual se concluyó que la mayor parte de la información que representa ya es obsoleta.

Para la nueva cartografía fue necesario elaborar un “modelo” a nivel nacional, trabajo que realizó el Ing. Juan Manuel Medina Rodríguez y fue aprobado por personal de Oficinas Centrales del INEGI. Dicho modelo abarca el área de la carta Guadalajara, también a escala 1:250 000. Comprende las etapas de elaboración de gabinete, campo laboratorio, digitalización de mapas, captura de informe técnico y envío a edición e impresión.

El mapa definitivo fue elaborado por especialistas las Direcciones Regionales del INEGI Occidente, Centro y Centro-sur, y es el resultado de la sobreposición de 5 originales cartográficos en los siguientes temas:

1/5 Unidades Geohidrológicas: a diferencia de las cartas antiguas que manejan 6 unidades geohidrológicas con posibilidades acuíferas altas, medias y bajas, para materiales consolidados y no consolidados, en la nueva cartografía manejamos 10 unidades geohidrológicas: 5 para materiales consolidados (3 de rendimiento alto, medio y bajo, 2 con posibilidades medias y bajas), asimismo 5 para materiales no consolidados con los mismos rendimientos y posibilidades que los materiales consolidados. En términos generales las unidades geohidrológicas son zonas subterráneas naturales, constituidas por materiales, rocas o suelos, cuyas características fisicoquímicas les permiten almacenar y transmitir el agua, en mayor o menor grado; las unidades de rendimiento se diferencian también en función de su explotación probada (gasto) y las unidades con posibilidades se diferencian en función de sus características fisicoquímicas debido al estado de inexploración (de pozos y norias) de dichas áreas.

El *original 2/5* consiste en representar los aprovechamientos de agua subterránea muestreados en campo (pozos, norias y manantiales) con la calidad del agua. La calidad y familia del agua se obtienen con el software que la Dirección Regional Occidente del INEGI propuso y se aceptó como nueva metodología, a partir de los tradicionales diagramas de Palmer-Piper.

El mapa *original 3/5* contiene las áreas de concentración de pozos y norias, áreas de veda (decretados por la Comisión Nacional del Agua), estructuras geológicas y línea(s) de sección(es) geohidrológica(s). Asimismo el *original 4/5* representa las curvas de igual elevación de los niveles estáticos del agua y las direcciones de los flujos subterráneos del agua. Finalmente el *original 5/5* contiene la(s) sección(es) geohidrológica(s) elaboradas e interpretadas.

La información de los originales 4/5 y 5/5 tampoco la contiene la cartografía anterior y es fundamental para la cartografía actualizada.

Como complemento procede a la elaboración del *Informe Técnico*, que comprende la descripción de las siguientes etapas:

1.- Generalidades: localización y extensión del área de la carta; descripción de la fisiografía, clima, litología, estratigrafía, geología estructural, tipos de acuíferos, hidrotermalismo, zonas de veda y áreas de concentración de pozos.

2.- Unidades Geohidrológicas: definición general de las unidades, definición particular, descripción de las unidades geohidrológicas que comprende la carta: localización, características fisicoquímicas, gastos de los aprovechamientos, calidad y uso del agua; además de la descripción de las secciones geohidrológicas, direcciones de los flujos subterráneos, áreas de veda y de concentración de pozos y la disponibilidad del agua.

En el reverso de la carta, además del informe técnico, contiene las tablas de aprovechamientos muestreados con su análisis fisicoquímico, los diagramas triangulares con la calidad y familia del agua con fines potables, el diagrama de Wilcox para determinar la calidad del agua para riego y la(s) sección(es) geohidrológica(s). Finalmente se les dan los créditos a las Instituciones que nos proporcionaron información.