

GEOH-01

IMPPLICACIONES DE LA GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN EL SISTEMA ACUÍFERO DEL VALLE MORELIA-QUERÉNDARO, MICHOACÁN

Silva Corona J. Jesús y Steinich Birgit
Instituto de Geofísica, UNICIT, UNAM
Campus Juriquilla, Qro.

El valle Morelia-Queréndaro se localiza en la porción noreste del estado de Michoacán y queda comprendido dentro de la cuenca del Lago de Cuitzeo. Forma parte de una serie de sistemas lacustres localizados en el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano que son producto de la evolución tectónica y magmática intra-arco relacionada a la subducción de la Placa del Pacífico en la de Norteamérica. La región se encuentra afectada por sistemas de fallas con dirección E-W y NE-SW que dieron origen al valle donde se aloja el sistema acuífero. Están presentes ignimbritas brechas y tobas de composición riolítica que datan desde el Mioceno Inferior y depósitos lacustres y de aluvión del Cuaternario Reciente.

Los resultados que se presentan en este trabajo están apoyados tanto en estudios geológicos, hidrogeológicos y geofísicos que se han realizado previamente cubriendo distintas zonas del valle, como en los datos obtenidos durante una campaña de campo realizada en julio del 2001 en la que se tomaron datos físico-químicos de agua subterránea en 50 aprovechamientos de agua potable y riego distribuidos uniformemente en toda el área de estudio.

Los parámetros de campo medidos muestran un amplio rango de variabilidad con conductividades que están entre 126.6 y 2540 μS y temperaturas que van de 20.2 a 67.8°C, entre otras.

Se propone una subdivisión del sistema acuífero describiendo por un lado la zona de recarga en los bordes del valle y la zona de interconexión hidráulica entre el acuífero y el lago. Por el otro lado se identificaron dos zonas con diferentes tipos de agua. En la parte este-noreste se tienen manifestaciones claras de termalismo que prácticamente está ausente en la parte oeste-sudoeste.

La comparación entre la posición de las anomalías en los parámetros observados y la localización de las fallas geológicas implica una estrecha correlación entre la geología estructural y las propiedades del sistema acuífero como son la geometría y el régimen de flujo subterráneo. La tectónica de la región propicia el movimiento de aguas termales hacia el acuífero que a su vez resulta en zonas de mezcla de agua con calidades muy contrastantes.

GEOH-02

LA TECTÓNICA Y LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL VALLE DE PUEBLA

Gabriel Jiménez Suárez¹, Leticia Flores Márquez², Rene Chavez² S. Jaime Garfias² y J. Oscar Campos Enríquez²

¹ Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

² Instituto de Geofísica, UNAM

A partir de 1980 se ha observado que el acuífero superior del Valle de Puebla que contiene agua dulce de reciente infiltración con un contenido de sólidos totales disueltos menor a 1000 mg/lit, ha experimentado un proceso de degradación de la calidad del agua,

por la ascensión de agua termal sulfurosa con un contenido de sólidos totales disueltos de 2300 mg/lit que proviene de un acuífero confinado situado aproximadamente a 200 m de profundidad.

Esto sucede principalmente en la ciudad de Puebla, particularmente en un área de aproximadamente 60 km² que se localiza dentro de la fosa tectónica Atlixco-Puebla, dicha fosa se inicia en las cercanías de la ciudad de Atlixco pasa abajo de la ciudad de Puebla y se dirige hacia el centro del volcán la Malinche.

Análisis químicos efectuados a muestras de 36 pozos localizados en la ciudad de Puebla indican un incremento en el valor medio en el contenido de sulfuros de los 36 pozos como a continuación se indica:

Año 1990 4.69 mg/lit; año 1992 6.287 mg/lit; año 1993; 8.11 mg/lit. El aumento de la concentración de sulfuros esta ligado al abatimiento del nivel piezométrico en el acuífero superior. A la fecha se han clausurado 6 pozos por la alta concentración de sulfuros, y 3 más que nunca funcionaron debido a que resultaron productores de agua termal sulfurosa y que presentaron fuerte artesianismo.

Se ha observado que los pozos que alumbran agua termal sulfurosa y que presentan un fuerte artesianismo se ubican en la fosa tectónica Atlixco-Puebla, se plantea la hipótesis de que la fosa tectónica tiene contacto con la cámara magmática del gran volcán, de ahí el flujo de calor y el origen del sulfuro de hidrogeno. Esta hipótesis se fortalece debido a que pozos a menos de 500 m de distancia de pozos productores de agua sulfurosa, pero, fuera de la fosa Atlixco-Puebla no resultan productores de agua sulfurosa.

GEOH-03

HIDROGEOQUÍMICA ISOTÓPICA Y TERRENOS TECTONOESTRATIGRÁFICOS DEL MESOZOICO DEL EDO. DE ZACATECAS

Jesús Nájera-Garza, José de Jesús Parga-Pérez y José Gumaro Ortiz-Valdez

Unidad Académica de Ingeniería de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad Autónoma de Zacatecas

Esta investigación hidrogeológica e hidrogeoquímica, con isótopos estables o ambientales, que está en su proceso inicial de realización, con la finalidad de verificar las relaciones tectónicas, entre las diversas unidades litológicas presentes en la región; con el propósito de estimar las dimensiones espaciales de las posibles cuencas hidrogeológicas regionales, producidas por los diversos eventos tectónicos regionales y continentales, que han conformado las estructuras geológicas actuales; así como determinar las áreas y volúmenes de recarga, tiempo de transporte y residencia del agua subterránea, en los probables acuíferos, en las rocas calizas y clásticas de la región; para su utilización racional y sostenible, en el desarrollo regional humano, y de todos los ecosistemas naturales.

Este trabajo se considera de interés geológico-minero e hidrogeológico regional, y tal vez hasta petrolero, por su trascendencia, que podría tener en el futuro, en el enfoque de las exploraciones, con fines socio-económicos; que impactaría, en el desarrollo de todo la región semidesértica, de los Estados de Zacatecas y San Luis Potosí.

Aquí se considera, preliminarmente, que las unidades litológicas del área en cuestión, NO corresponden a las que, en los últimos años, se han venido refiriendo, múltiples investigadores; respecto a su status sedimentológico, estratigráfico y, mucho menos, tectónico. Veamos el meollo del tema:

El denominado basamento triásico regional, es el que aflora en el norte del Edo. de Zac.; es decir, el Esquisto Caopas y sobre dicho basamento, yacen las Fms. Nazas, Zuloaga, la Caja, Cupido, Cuesta del Cura, Indidura y Caracol; estas últimas dos, están cubiertas por material aluvial y eluvial cuaternario.

La Fm. Indidura es la que se considera constituir el acuífero somero, que actualmente está utilizándose, en los nuevos predios abiertos a la agricultura, en las áreas adyacentes a la zona de esta investigación; posiblemente, surtida por aguas subterráneas, de circulación más profunda, que fluye a través de las Fms. Cuesta del Cura, Cupido y Zuloaga.

En la excursión al Cerro de “La Pinta o de la Planta de la Calera”, el 31 de Marzo, 2001, se constataron los afloramientos de las Fms. Nazas filitizada con intemperismo acicular (“pencil-like”), del Triásico, y las jurásicas Zuloaga, La Caja, y las suprayacentes del Cretácico inferior y superior : Cuesta del Cura, Indidura y Caracol; las rocas jurásicas con echados hacia el sur de 300-400; además, en algunos sitios, los estratos lutíticos o de calizas delgadas están muy deformados, como si fueran pliegues “ptigmáticos” {¿alteración por intrusión de la “Roca Verde” (= espilita o propilita)?}.

Lo más importante fue localizar a la (Ki-Valanginiano, Fm. Chilitos?) “Roca Verde”, espilita o propilita, bajo (¿intrusionando?), a la Fm. Nazas del Triásico; visible muy intemperizada, en el arroyuelo que se inicia en el puerto topográfico, localizado entre los cerros donde se explotan las calizas. Esta situación, de corroborarse FEHACIENTEMENTE, podría ser evidencia bien fundamentada, para demostrar que las “Rocas Verdes”, están intrusionando a las rocas triásicas de la Fm. Nazas; lo que induciría a deducir que el denominado “Terreno Guerrero”, es un conjunto de rocas LOCALES y no “TRANSLADADAS POR UN CONSIDERABLE TRANSPORTE TECTÓNICO”.

Otro dato interesante lo constituye (López Infanzón, 1993), el pozo de exploración de PEMEX, en la región de Taponá, al NW de Charcas, S.L.P.; que se reportó perforó una sección de 4,600 m de metasedimentos triásicos.

Esta secuencia metasedimentaria ha sido correlacionada con el Esquisto Caopas (Fries y Rincón-Orta, 1965), y la Fm. Rodeo (Tristán y Torres, 1992) del N del Edo. de Zacatecas; y hacia la región de Peñón Blanco, S.L.P.-Zac., la Fm. Ballena, del Triásico-con amonoides, yace en contacto discordante, NO Tectónico, BAJO los estratos rojos de la Fm. Nazas (“Terreno Sierra Madre”).

Por lo antes mencionado, ¿podría considerarse a esta secuencia metasedimentaria del Triásico, como el basamento regional nor-central de México, y a las rocas jurásicas y cretácicas que le sobreyacen, NO como un conjunto litológico “acrecionado”, como afirman algunos especialistas en tectónica continental?.

En La Ballena, Mpio. de Villa Hidalgo, Zac., al NE del Poblado, la Fm. Zuloaga, de calizas, en estratos delgados y medianos, con capas de lutitas parcialmente filitizadas y esquistosas, aparece sobre la Fm. Ballena-con amonoides del

Triásico. En el área de la Mina Real de Ángeles, Mpio. de Villa de Ángeles, Zac., los estratos de calizas, son semejantes a los de la descripción de la Fm. Cuesta del Cura, del Cretácico inferior (Kicc), de la Carta APIZOLAYA, del norte del Edo. de Zac., (Córdoba, 1963).

Por lo antes expuesto, se considera que estas hipótesis tendrían AMPLIA INFLUENCIA, en la exploración geológico-minera e hidrogeológica regional (agua subterránea disponible, en cantidad y calidad), y quizá petrolera, para el desarrollo social y económico, en toda la región semidesértica, de esta parte del País; si al término de toda esta investigación interdisciplinaria, se concluyera con un conocimiento con utilización práctica real, aplicable en cualquier área similar del territorio nacional.

GEOH-04

HYDROGEOCHEMICAL EXPLORATION IN A YAQUI VALLEY SITE: A SALINITY CHARACTERIZATION STUDY

Rodrigo González Enriquez, Luis E. Marín Stillman and
Armando G. Canales Elorduy
Instituto Tecnológico de Sonora

A monitoring water well was drilled in order to perform a hydrogeology analysis of this valley, with the content of dissolved minerals in the groundwater. This can contribute to the optimum location and good design of wells for agricultural exploitation and for drinking water supply, since the principle of the problem begins with the salinization of wells located in areas that, before 1970, contained freshwater and progressively have reached salinity above 2,000 ppm of total dissolved solids, which is intolerable for human consumption and agricultural irrigation.

By a continuous hydrogeochemical sampling of the water-soil matrix, from the surface to a 40 m depth, a variation in the salinity vertical profile was observed, prevailing those ions that conform the analyzed stratum. Hence, confirming the hypothesis that relates clays with the salinity of water, since the well profile, with high saline content, corresponds to clay rich strata.

It was concluded, from this study, that the clays are the main responsible for the salinity of the groundwater in this area of the Yaqui Valley, without discarding that an influence also exists by solutes transported from the surface, due to the vertical recharge exercised by irrigation and fertilization, among other agricultural practices in the valley. This is confirmed by the nitrate concentration behavior in the vertical profile of the well, where a concentration in the order of 75 mg/l of nitrate ion was reached at a depth of 20 to 25 m.

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA UTILIZANDO “LEEGRAM” EN LAS INMEDIACIONES DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRO PRIETO, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Edgardo Tejada Bautista y Rogelio Vázquez González
CICESE

El campo geotérmico de Cerro Prieto (CGCP), se encuentra ubicado en la porción centro occidental del valle de Mexicali y cubre una extensión de 70 km² aproximadamente. Para el desarrollo de este trabajo, se cuenta con datos de análisis fisicoquímicos de muestras de agua de pozos que integran una red de monitoreo sistemático en las inmediaciones del CGCP propuesta por Vázquez-González y otros en 1998, cubriendo un área aproximada de 992.0 km², delimitados geográficamente por las coordenadas UTM 3'573'000 a 3'605'000 en dirección norte y 654'000 a 685'000 en dirección este. Dicha red está basada en tres criterios fundamentales que son: 1) distribución espacial, 2) factibilidad de mediciones y 3) disponibilidad de registros históricos. Está conformada por 30 pozos (tanto agrícolas como de observación) cuyas muestras de agua fueron analizadas en el Departamento de Química y Ambiental de la Residencia de Estudios en el CGCP, obteniendo la concentración en partes por millón (ppm) de CO₃, HCO₃, Na, K, Ca, Sr, B, Li, Mn, Cl, Mg, SO₄, SiO₂, así como sólidos totales disueltos (STD), pH, conductividad y temperatura.

Una de las representaciones gráficas más comúnmente utilizada para analizar y caracterizar químicamente al agua subterránea son los diagramas de Stiff; en éstos se toman semirectas paralelas cortadas al centro por una normal, formándose así 4 semirectas a la derecha (aniones) y 4 a la izquierda (cationes); cada recta representa la parte proporcional de este ión con respecto al total de miliequivalentes por litro (meq/l) y se unen los extremos dando un polígono. Se representa un análisis por polígono y permite conocer la variación hidrogeoquímica de forma espacial. Esta representación gráfica presenta dificultades al manejar concentraciones muy contrastantes pues ello obliga a utilizar distintas escalas para analizar los datos en forma conjunta. Esta situación es común en zonas con manifestaciones hidrotermales interactuando con el agua de acuíferos someros, como en el caso de Cerro Prieto, donde fue necesario considerar dos escalas, una de 0 a 50 meq/l, en la que se incluyen todos los pozos agrícolas y otra de 0 a 300 meq/l, en la que se consideran los pozos con influencia hidrotermal alrededor del CGCP.

En base a estos antecedentes se utilizó un esquema de reciente aparición en la literatura geohidrológica denominado “LEEGRAM”, que es un programa en lenguaje Fortran desarrollado por Tien-Chang Lee en 1998, para reconocimiento de patrones hidroquímicos y cuantificación de grupos de masas de agua subterránea donde la variabilidad en el contenido de STD es muy alta. Introduce un nuevo medio de representación gráfica para los diagramas de Stiff pues los normaliza y hace uso de anillos y arcos concéntricos para denotar la concentración de STD, además diagnostica la calidad de los datos y del análisis químico (Tien-Chang, 1998). Para mostrar su aplicación a un caso real, se presentan y comentan los diagramas obtenidos con el programa de los datos en algunos pozos de esta red de monitoreo. Finalmente se discute la utilidad de esta nueva técnica para caracterizar hidrogeoquímicamente las aguas subterráneas.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS EN LA ATENUACION DE CONTAMINANTES EN EL SISTEMA ACUIFERO DE LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA

Belmonte-Jiménez S., Aragón-Sulik M., Bautista-Belmonte A.,
Navarro-Mendoza S. y Herrera-Barrientos J.
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo
Integral Regional, OAXACA, IPN

Aun cuando los métodos de vulnerabilidad intentan precisar la estandarización en la valoración de este concepto no medible físicamente, cada uno utiliza sus propios parámetros para definir el nivel de vulnerabilidad para un acuífero, lo que genera cierto grado de subjetividad en cuanto a la interpretación de resultados, por lo que se considera indispensable complementar dicho estudio con un análisis de sensibilidad, con el fin de evaluar la influencia individual que cada parámetro hidrogeológico tiene en la atenuación de los contaminantes.

El análisis se aplicó al sistema acuífero de los Valles Centrales de Oaxaca el cual tiene una importancia relevante para la Ciudad de Oaxaca y sus zonas conurbadas, puesto que proporciona un 70% del agua que se consume en esta zona.

Este acuífero principalmente granular, se encuentra limitado por fronteras de materiales carbonatados, cataclásitas, lutitas y areniscas, así como gneiss levemente fracturado, con niveles estáticos relativamente someros y debido a que los escurrimientos superficiales presentan una fuerte carga contaminante, se considero necesario valorar la vulnerabilidad del sistema a la contaminación por aguas residuales.

Una vez definidas las propiedades hidrogeológicas con técnicas de geofísica, geología, química e hidrología, se aplicaron los métodos de vulnerabilidad estandarizados DRASTIC, AVI y GOD para precisar la susceptibilidad a la contaminación superficial. Los productos obtenidos con estos métodos generaron zonas de vulnerabilidad de media a alta.

En el caso del DRASTIC, se obtuvieron índices de vulnerabilidad altos mayores de 100, donde los principales parámetros hidrogeológicos que influyen son los niveles estáticos, la pendiente del acuífero y el impacto en la zona vadosa, mientras que para el método AVI, el parámetro de mayor peso es la profundidad al nivel estático, que fluctúa de 2-8 m.

El análisis de sensibilidad se aplicó a celdas discretas utilizando el concepto de condición única por área, empleando las expresiones propuestas por Lodwik, así también se determinó el índice de variación en forma espacial. Los resultados generados muestran que la profundidad al nivel freático es el parámetro que mayor influye en los índices de vulnerabilidad para esta zona, seguido por el impacto en la zona vadosa, así también, el tipo de suelo tiene un índice mas disperso en el espacio. Los resultados obtenidos con este análisis disminuyen la incertidumbre en cuanto al concepto y sirve de apoyo en la determinación de la vulnerabilidad de un acuífero.

GEOH-07

APLICACIÓN DEL MÉTODO ERIS Y SU VALIDACIÓN A TRAVÉS DE LA CALIDAD DEL AGUA. CASO DE ESTUDIO

Navarro-Mendoza S., Bautista- Belmonte A., Belmonte-Jiménez S. y Aragón-Sulik M.
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca

Actualmente en el valle de Oaxaca se han tenido indicios que las zonas donde consideraban seguras y con buenas condiciones acuíferas para su aprovechamiento como son las márgenes del río Atoyac, ahora ya no los son tanto, principalmente por las continuas descargas de aguas residuales, la falta de tratamiento de las mismas, el crecimiento anárquico de la mancha urbana y el propio agotamiento del sistema acuífero por la invasión y cambio en el uso de suelo en las zonas de recarga. Para estimar los indicios mencionados e identificar el riesgo potencial del acuífero en actual aprovechamiento y con base a los parámetros geohidrológicos del mismo en un tramo aproximado de nueve kilómetros se aplicó el método ERIS el cual se clasifica dentro de los métodos Experto de Cálculo de Riesgo (ERC), con el cual en la primera etapa se identificaron tres zonas con diferentes niveles de riesgo con valores de: 1-4, 5-9, 10-15; cualificados como mínimo, medio y alto riesgo respectivamente. Este último se presenta en donde confluyen los ríos Atoyac y Salado.

La importancia que adquiere el río Atoyac respecto al acuífero y los resultados de C.E., Fenoles, Sustancias Activas al Azul de Metileno, Cr., Pb y Cd. llevó a una segunda etapa en la que se realizaron dos muestreos, tanto en pozos como en puntos ubicados sobre el lecho del río considerando la etapa de estiaje y lluvia.

Al analizar las pruebas de calidad de agua determinadas en el laboratorio se confirma la existencia de las zonas de riesgo identificadas por medio del método ERIS, con lo cual en nuestro caso, con dichas pruebas se le da validación a la método utilizado.

GEOH-08

DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA Y FLUJO SUBTERRÁNEO DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE ZAACHILA, COMO BASE PARA EL MANEJO DEL RECURSO

Bautista-Belmonte A.¹, Belmonte-Jiménez S.I.^{1,2}, Aragón-Sulik M.¹, Navarro-Mendoza S.

¹ Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, OAXACA, IPN

² Instituto de Geofísica, UNAM

El valle de Zaachila se localiza al sur de la ciudad de Oaxaca de Juárez teniendo un área aproximada de 380 km². Las comunidades que se asientan sobre este valle dependen en su gran mayoría del agua subterránea tanto para consumo humano como para actividades agrícolas, sin embargo en los últimos años debido al incremento de la demanda se han realizado perforaciones sin ningún soporte técnico, con efectos negativos al acuífero. Por lo anterior, se ha iniciado un estudio multidisciplinario para caracterizar este acuífero cuyos resultados permitirán proponer alternativas de manejo del recurso en esta zona. A la fecha se han realizado trabajos de geología regional y de geofísica efectuando 15

sondeos eléctricos verticales (SEV's) usando el arreglo schlumberger con lo que se realizó la interpretación de las curvas de resistividad a través del modelado directo en 1D, que una vez correlacionado con cortes litológicos de pozos profundos, se obtuvo un modelo conceptual. Este acuífero intermontano es de tipo granular constituido por arenas, gravas y en ciertas áreas formando lentes arcillosos que reducen la transmisibilidad del éste. El espesor de la zona no saturada es en promedio de 10 m; mientras que la geometría de la zona saturada es de forma irregular interpretándose "valles y altos" cuyas profundidades en los primeros es de hasta 130 m y de 20 m en los segundos, siendo el basamento geohidrológico rocas precámbricas, algunas con cierto grado de fracturamiento. La piezometría indica que el flujo subterráneo tiene una dirección preferencial de norte a sur, cuyas velocidades mayores se ubican en las zonas de recarga y en áreas ubicadas al sur de este valle. La calidad del agua subterránea en algunos sitios esta fuera de los límites máximos permisibles de agua para consumo humano.

GEOH-09

ACTUALIZACIÓN DEL MODELO GEOHIDROLÓGICO DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE OJOS NEGROS, BAJA CALIFORNIA

José Rubén Campos Gaytán y Rogelio Vázquez González

En 1991, Vázquez *et al.*, determinaron la geometría del acuífero del Valle de Ojos Negros, la ubicación de las fronteras impermeables, el tipo de los materiales presentes, y también construyeron un simulador numérico del flujo de agua subterránea en el acuífero utilizando el método de diferencias finitas. Durante el transcurso de los últimos años se ha observado el abatimiento del nivel freático en dicho acuífero, como consecuencia del aumento en los volúmenes bombeados por pozos de uso agrícola (CNA 1997). En éste trabajo se presenta una versión actualizada del simulador numérico propuesto anteriormente, donde se incorporan los datos proporcionados por la CNA sobre el manejo del acuífero en la última década. Mediante la aplicación del modelo numérico se estudiará la evolución, y el comportamiento del nivel freático en las condiciones presentes así como su relación con los registros anteriores.

A la nueva versión del simulador se le implementaron rutinas de programación utilizando el software MATLAB. Como resultado se cuenta con una herramienta de simulación versátil y adaptable a diferentes condiciones de campo. A ésta versión del simulador se le puede implementar con facilidad modelos que presenten topografía irregular del basamento, variación estacional de la recarga por precipitación, variaciones en los gastos de los pozos de bombeo, modificación temporal de las condiciones a la frontera, heterogeneidad en los parámetros del acuífero, etc. Los resultados de la simulación se visualizan con las rutinas de despliegue gráfico para su análisis posterior. La validación de los resultados obtenidos del simulador se realiza mediante la comparación con el registro del nivel piezométrico medido en campo. Los resultados de la simulación son usados para determinar la superficie piezométrica, y las direcciones principales de flujo, para diferentes intervalos de tiempo. Finalmente, los datos de cada superficie piezométrica pueden usarse para determinar la evolución temporal de los niveles en el acuífero.

En ésta ponencia se discutirá sobre las diferencias que presentan ambas versiones del simulador, y también sobre el tipo de información requerida por ellos.

GEOH-10

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA ZONA NO SATURADA EN UNA PARCELA EXPERIMENTAL EN MEXICALI (BAJA CALIFORNIA). RESULTADOS PRELIMINARES

Jaime Alonso Reyes López y Mónica Carrillo Beltrán
Instituto de Ingeniería, UABC

En este trabajo se presenta una metodología para el seguimiento de la fase acuosa a través del perfil del suelo y hasta su arribo al acuífero superior. La experiencia se realiza sobre una parcela agrícola ubicada en la Colonia Zaragoza del municipio de Mexicali. Esta parcela se riega con agua residual tratada de la Laguna de Oxidación de la Ciudad de Mexicali. De este modo, se ha construido una serie de tomamuestras con cápsulas de cerámica en el Laboratorio de Ciencias de la Tierra del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California para el seguimiento del agua de percolación. El dispositivo experimental ha dado buenos resultados en cuanto a la recuperación del agua en medios parcialmente saturados. Sin embargo, en el corto plazo presenta distorsión en cuanto a algunos parámetros físicos y químicos medidos. Aún queda por comprobar si en el largo plazo (más de 1 año) las diferencias o distorsiones en las medidas de estos parámetros tienden a disminuir, como se ha mostrado en un trabajo similar realizado por el primer autor. El análisis químico del agua recuperada a diferentes profundidades permiten apreciar un flujo importante de sustancias químicas a través del perfil del suelo con su consecuente incorporación al acuífero superior.

GEOH-11

ESTUDIOS DE EXPERIMENTOS DE IMBIBICIÓN EN BLOQUES HOMOGÉNEOS PRISMÁTICOS DE ARENISCA BERE A CON VARIAS GEOMETRÍAS

Raymundo Martínez-Ángeles
Programa YNF, IMP

En este trabajo se estudian los frentes de imbibición espontánea en rocas sedimentarias terrígenas, cuya cara frontal presentó tres formas geométricas simples. Se considera que los frentes de imbibición están representados por la frontera entre las zonas seca y mojada de la roca sedimentaria para cada experimento. Dichos frentes fueron observados y medidos mediante fotografía digital y el procesamiento numérico de algunas fotos seleccionadas. Con esta metodología se corroboró que se cumple la ley de Washburn, la cual indica que la altura del frente de imbibición es función de la raíz cuadrada del tiempo $h=f(t^{1/2})$, donde h es la distancia en medida desde la fuente de fluido hasta el frente de imbibición y t es el tiempo en segundos. Lo anterior fue preciso para los casos de imbibición lineal e imbibición radial en bloques rectangulares de Arenisca Berea. Para bloques en forma triangular se encontró que la imbibición es más rápida que la predicha por la ley de Washburn, aunque en este caso dicha ley es válida a pequeñas alturas.

Descriptores: Flujo de fluidos en medios porosos; Inestabilidad debida a tensión superficial, Arenisca Berea, Imbibición.

GEOH-12

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE ESCASEZ DE AGUA: CASO DE ISRAEL Y SONORA, MÉXICO

Silvia Martínez Retama, Paula Concepción Isiordia y Priscilla Denise Antunez
Depto. de Geología, Universidad de Sonora

El objetivo de esta investigación es presentar un panorama general del enfoque integral (o de sistemas) que la nación de Israel ha adoptado para resolver su problema de escasez de agua. Se presenta también un cuadro comparativo entre acciones implementadas por Israel y por la ciudad de Hermosillo, Sonora, a fin de resolver este problema.

La presentación de este trabajo resulta muy importante porque nos dará una pauta para conocer la situación que se presenta en otro país, la cual coincide en varios factores con la problemática del agua en esta región. Además, Israel ha logrado crear una verdadera cultura del agua en su sociedad, haciendo conciencia en todos los consumidores de este recurso, abarcando desde las familias hasta las más grandes industrias.

También ha integrado otras técnicas y fuentes de abastecimiento a sus sistemas de almacenamiento y distribución del agua tales como: el aumento de la pluviosidad por medio de la siembra de nubes con cristales de yoduro de plata; utilización de las aguas desbordadas de lluvias de invierno, recolectadas en lagos artificiales; reutilización de aguas residuales residenciales e industriales purificadas; en la agricultura, la tecnología de irrigación por goteo y microregaderas; en la industria, están introduciendo instalaciones especiales de reutilización del agua; el gobierno municipal se centra en las mejoras de efectividad administrativa, las reparaciones y el control de los sistemas de agua municipales; en los parques realizan la selección de plantas que requieran menos agua, utilizando un riego nocturno y con frecuencia mínima; en Israel, instituciones centrales y municipales instan a los ciudadanos a ahorrar agua.

Nuestra investigación (bibliográfica y mediante fuentes de internet) nos conduce a la deducción de que el gran éxito obtenido en Israel, en cuanto a tener un eficiente abastecimiento de agua, no se debe únicamente a la construcción de sus plantas desaladoras, sino que va más allá de los sistemas de desalación.

En conclusión, el enfoque sistémico que se ha estado implementando y desarrollando en Israel, ha sido el responsable de integrar e involucrar a todos los afectados de su sociedad para contribuir favorablemente a la solución de la problemática. Por lo tanto, debemos considerar y analizar cuidadosamente todos sus esfuerzos y resultados que ha obtenido a lo largo de los años, y de esta manera tener una base sólida para tomar las decisiones acertadas y afrontar exitosamente nuestra problemática a nivel regional.

GEOH-13

MANEJO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA LA CIUDAD DE MONTERREY, NE-MÉXICO: EL ACUÍFERO BUENOS AIRES EN EL CAÑÓN LA HUASTECA

Dirk Masuch Oesterreich¹, José Juan Medina Alemán¹ y Jesús Martínez de la Cerda²

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, Laboratorio para Sistemas de Información Geográfica, UANL

Apdo. Postal #104, Hacienda de Guadalupe, Carretera a Cerro Prieto km. 8, Linares, N.L., 67700, México

E-mail: dmasuch@ccr.dsi.uanl.mx

² Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey

Matamoros No. 1717 Pte., Colonia Obispado, Monterrey, N.L., 64010, México

E-mail: jmartine@mail.nl.gob.mx

Palabras Clave: Evaluación del acuífero, modelación hidrológica, groundwater mining, SIG

Introducción: El campo de pozos Buenos Aires en el Cañón La Huasteca, es la fuente de agua subterránea más importante para la Ciudad de Monterrey. El campo de pozos forma parte de un sistema de abastecimiento de presas, campos de pozos y manantiales. Este campo abastece más del 18% del consumo de agua de Monterrey el cual es de algunos 15 m³/s.

Definición del Problema: De los 41 pozos profundos perforados en la década de los setenta, llegando a una profundidad máxima de 1940 metros, 18 nunca produjeron agua o fueron abatidos rápidamente después de empezar la operación. La operación de los pozos muestra una significativa variación en la descarga, variando de 10l/s a 187 l/s en promedio de descarga. En algunos de los pozos, los niveles dinámicos han descendido cerca de los 100 metros. Los Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey necesitaron conocer: 1. Una explicación para los pozos "secos" y la diferencia en las descargas entre pozos vecinos, 2. La cantidad de agua seguramente explotable en el acuífero, y 3. Recomendaciones para la localización de nuevos pozos.

Metodología: El Cañón La Huasteca forma parte de la Curvatura de Monterrey, la cual se caracteriza por una secuencia de sinclinales y anticlinales. El área del campo de pozos comprende cerca de los 100 km², y fue geológicamente cartografiada a una escala de 1:10000. Los acuíferos fueron identificados y clasificados dentro de rangos de conductividad hidráulica, utilizando datos existentes de pruebas de bombeo. Una secuencia de secciones geológicas a una distancia de 1 km. fue construida. El mapa geológico fue entonces transformado en un mapa hidrogeológico, al remover los estratos menos significativos a nivel superficial y usando la superficie piezométrica como el nivel de visualización. El parámetro visualizado es la conductividad hidráulica a nivel de ocurrencia del agua subterránea. El mapa fue procesado dentro del ARC/INFO SIG y los datos de pozos fueron relacionados a la geología de campo. Un modelo hidrológico el cual incluye las cuencas y corrientes superficiales fue derivado utilizando Modelos Digitales de Elevación a una escala de 1:50000 proporcionados por el Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. Los recursos de agua subterránea existentes, dentro del área de captación del campo de pozos fueron determinados aproximadamente en los 51 millones m³/año.

Resultados: El acuífero consiste de calizas del Cretácico superior y tiene un espesor máximo de más de 900 metros. Antes de iniciar la extracción de agua subterránea, el acuífero permanecía bajo condiciones artesianas. Los pozos improductivos fueron perforados cercanos al eje sinclinal, el cual se encontró presente a 500 metros hacia el Sur de este trazo en el mapa geológico oficial. A pesar de que estos pozos están localizados en zonas fracturadas, las fracturas parecen estar cerradas impidiendo la circulación del agua subterránea. Los niveles piezométricos sugieren un flujo de agua subterránea en los flancos, donde los pozos más productivos fueron encontrados, explicando la proximidad de pozos improductivos y altamente productivos. Los flancos consisten del acuífero de calizas, mismos que representan las áreas de recarga y traspaso de agua subterránea dentro del cinturón de pliegues.

Conclusiones: La extracción de agua subterránea del Campo de Pozos Buenos Aires fue de alrededor de los 1535 l/seg en 1998. A pesar del significativo descenso en los niveles dinámicos observado en algunos de los pozos, no se considera que el acuífero este en riesgo de agotamiento a largo plazo. Aunque la lluvia es escasa y las lluvias son irregulares, la ocurrencia de grandes eventos de precipitación (huracanes) en el NE de México, son elementos incluidos en el balance hidrológico. De hecho, los huracanes Gilberto (1988) y Keith (2000) llevaron al acuífero de Buenos Aires de regreso a las condiciones artesianas, indicando una completa recarga. Dentro de un margen de tiempo de 10-12 años, la explotación del acuífero tipo groundwater mining como es en la actualidad, o con una descarga ligeramente más alta se considera una manera apropiada de administrar el acuífero. Aunque probablemente incrementemente la cantidad explotable de agua subterránea a corto plazo, la perforación de nuevos pozos aguas arriba del Campo de Pozos actual no es recomendada. Se sugiere enfocar la exploración sobre la parte Oeste del Cañón de La Huasteca, la cual es también parte de la cuenca hidrológica que contribuye al Campo de Pozos Buenos Aires, pero aún no ha sido desarrollada.

GEOH-14

PLANEACIÓN REGIONAL BIDIMENSIONAL EN FUNCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO DEL ACUÍFERO DE GUASAVE SINALOA

Valle M.O.¹, Norzagaray C.M.¹, Muñoz Sevilla N.P.¹, Herrera B.J.², Sanz R.R.³, Monroy C.A.¹ y Díaz C.E.¹

¹ Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN

Carret. a Las Glorias Km 1, Guasave, Sin., 81100, México

E-mail: mnorzaga@ipn.mx

² CICESE

Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, B.C., México

³ Comisión Nacional del Agua

Presa Derivadora s/n., Culiacán Sin., México

Existe una deficiencia en la calidad de las fuentes de abastecimiento en el Valle de Guasave, así como en la explotación fuera de control del recurso subterráneo hídrico. La primera se debe principalmente a los variados procesos geológicos existentes, los cuales originan una variedad de concentraciones en aguas del sistema, condicionando los recursos hidráulicos subterráneos en cuanto a su calidad y cantidad, en lo que a consumo humano y agrícola se refiere. Para éstos últimos, el agua de origen natural se explota de manera esporádica durante los periodos de lluvias,

ocurriendo la explotación intensa en la temporada de sequía, siendo ésta en los últimos años cada vez mayor. En virtud de lo anterior se considera necesario establecer un programa dirigido hacia la sustentabilidad del recurso, el cual se desarrolle en función de la disponibilidad del volumen subterráneo existente. Para conocer este volumen es necesario analizar las propiedades hidrogeoquímicas del sistema, tales como la piezometría, las propiedades hidráulicas (conductividad, transmisividad y coeficiente de almacenamiento y análisis meteorológicos), la operación de un balance hídrico (que contemple variaciones espaciales de la temperatura, el volumen del cambio de almacenamiento, el bombeo, entrada y salida horizontal, recarga vertical y total, evaporación, evapotranspiración), y la concentración, entre otras. En particular, el trabajo se enfoca hacia el cálculo de la disponibilidad del recurso hídrico y presenta las bases para realizar un programa que establezca la sustentabilidad del mismo. Además, se fundamenta en el hecho de que el acuífero se considera como una reserva de suministro de agua a futuro, para las diversas actividades que operan en la región. Finalmente, se establecen las bases para la planeación administrativa y económica de la zona basándose en el recurso hídrico. Con los resultados de este trabajo se propone la forma más conveniente de impulso de desarrollo económico de la región con base en una explotación óptima.

GEOH-15 CARTEL

DETERMINACIÓN DE SULFUROS EN AGUAS RELACIONADAS CON ACTIVIDAD VOLCÁNICA

A. Aguayo¹, M.A. Armienta¹, S. Ramos² y E. Ramos³¹ Instituto de Geofísica, UNAM² SEGOB, Edo. Chiapas, México³ CENAPRED

Los gases emitidos por volcanes activos pueden entrar en contacto con aguas subterráneas. Debido a la dificultad para obtener muestras y analizar los gases volcánicos, el monitoreo geoquímico de aguas de manantiales aledaños a volcanes permite obtener información importante, que junto con otros parámetros de actividad volcánica, proporciona herramientas para evaluar el riesgo que este fenómeno puede presentar para la población.

La fase volátil magmática presenta una amplia gama de componentes, pero el mayor porcentaje corresponde principalmente a: compuestos del carbono, compuestos del azufre y agua. A temperaturas magmáticas y presión atmosférica el SO₂ es la especie dominante del azufre, pero al disminuir la temperatura se favorece la reacción de reducción del azufre con agua para formar H₂S. Si estas reacciones tienen lugar en un sistema abierto a la oxidación y en presencia de H₂ y CO, el cambio de SO₂ a H₂S da como productos oxidados CO₂ y H₂O. Al disolverse el H₂S en el agua se producen sulfuros, las variaciones en las concentraciones de esta especie puede entonces reflejar cambios en la actividad volcánica.

El método comúnmente empleado para la determinación de sulfuros en agua, es el Método del Azul de Metileno, este método se basa en la reacción del sulfuro, cloruro férrico y dimetil-p-fenilendiamina para producir el compuesto colorido azul de metileno. Se adiciona fosfato de amonio después del desarrollo del color para remover el color del cloruro férrico. Este procedimiento es aplicable a concentraciones de sulfuros entre 0.1 y 20 mg/L.

Otro método para la cuantificación de sulfuros es mediante Electrodo de ion selectivo. El potencial del electrodo selectivo esta relacionado con la actividad del ion sulfuro. Para llevar a cabo esta determinación se adiciona un agente antioxidante a las muestras y estándares con el propósito de inhibir la oxidación del sulfuro por el oxígeno y para proporcionar un pH y una fuerza iónica constante. La concentración de sulfuros que es posible determinar por este método se encuentra entre 0.032 y 100 mg/L.

Se presentan resultados obtenidos para algunos volcanes de México.

GEOH-16 CARTEL

LAS LLANURAS DE INUNDACIÓN DEL DELTA DEL RÍO COLORADO DESDE UNA PERSPECTIVA DE SENSORES REMOTOS Y SU RELACIÓN CON EL FLUJO DE E.U.A A MÉXICO

Alejandro Hinojosa C., Octavio Meillón M. y Lourdes Mexicano V.

Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Originándose en las montañas de Colorado y Wyoming, el Río Colorado (RC) fluye a lo largo de 2300 km. atravesando 7 estados en los E.U.A y dos en México para desembocar en el Golfo de California y en el Mar de Salton. El libre flujo del río hacia el delta fue bloqueado en el siglo pasado por la construcción de 10 presas aguas arriba, iniciándose en los 30s con la presa Hoover. Además de las presas, el desvío del cauce ha cambiado el paisaje, como es el caso en 1905 cuando la depresión del Salton se transformó al Mar del Salton. El agua del RC está repartida entre los estados vecinos de E.U.A y México que comparten la cuenca, existen cuotas que son rigurosamente reclamadas. Los humedales nativos que antes dominaban la región, han casi desaparecido. No existe una cuota asignada a los humedales del delta que albergan importantes ecosistemas que requieren permanente de agua para mantener a la vegetación.

Se presenta una retrospectiva reciente de las llanuras del delta del RC a partir del archivo de imágenes Landsat (1973-2001), donde se documenta la relación entre el gasto que cruza la frontera y su expresión en las llanuras de inundación. La tectónica regional asociada a la evolución del Golfo de California ha generado depresiones en la región del delta a través de procesos de extensión. La Laguna Salada, al igual que la cuenca del Salton, es una depresión por debajo del nivel del mar, donde se reflejan las variaciones en el flujo, desecándose cuando éstos disminuyen e inundándose por flujos extraordinarios. La Ciénega de Santa Clara en la zona del delta, no es evidente en las primeras imágenes Landsat 1 de 1972, se presume que debió formarse a mediados de los 70s como efecto a algún desvío en los canales tributarios del RC.

GEOH-17 CARTEL

**ROLE OF PHYSICAL HETEROGENEITY IN
CONTROLLING SUBSURFACE MICROBIAL
ACTIVITY IN A SHALLOW AQUIFER NEAR
OYSTER, VIRGINIA**

Maria Green-Blum¹, Chris Musslewhite², Donald Swift¹,
Michael McInerney² and Chris Murray³

¹ Department of Ocean, Earth and Atmospheric Sciences, Old
Dominion University

² Department of Botany and Microbiology, University of
Oklahoma

³ Pacific Northwest National Laboratory

In order to test the hypothesis that microbial activity in the subsurface is strongly correlated with physical and hydrological variability, we directly measured physical and biological heterogeneity at successive spatial scales in aquifers near Oyster, Virginia. Cores from an aerobic zone (Narrow Channel) and a microaerophilic zone (South Oyster) in the aquifer were sampled from 0 to 10 meters depth and a sampling trench was excavated in the vadose zone at the Narrow Channel site. At the South Oyster site, the sediments consisted of relatively homogeneous quartz sand, deposited in a shoreface to back-barrier setting and locally interfingering with peat. Granulometric and hydrological data were redefined by a combination of multivariate statistical methods. Four lithofacies were identified at the Narrow Channel site and seven lithofacies at the South Oyster site. For the sandy lithofacies, the hydraulic conductivity range was restricted, lying between 10⁻⁴ and 10⁻⁶ cm/s. Nevertheless, well-defined permeable zones occurred. Hydraulic conductivity variations were closely related to lithofacies. Bivariate plots showed that the seven lithofacies reduced to four hydrofacies. In addition, microbiological samples were collected both aerobically and anaerobically from the vadose zone trench and both aquifer sites and the rates of hydrogen uptake and the distribution of sulfate reduction activity were determined. At the Narrow Channel sites (trench and aquifer), a weak but significant correlation was detected between hydrogen uptake rates and grain size, with the highest uptake rates associated with samples having coarser grain sizes. However, vadose zone samples with high gravel content had low microbial activity. A radioisotopic imaging method was used to determine the distribution of sulfate reduction activity at the millimeter scale in undisturbed cores from the South Oyster site. The distribution of high sulfate reduction activity was clustered and not randomly distributed. Variogram analysis suggested that the clusters were about 5-10 cm in size. These results suggest that the scales of spatial organization of microbial populations may be significantly shorter than those for physical parameters, but that grain size and permeability are nevertheless significant controls governing microbial activity in the subsurface.