

GEOH-1

INTERACCIÓN LAGO-ACUÍFERO, CASO: LA LAGUNA DE ALCHICHICA, EDO. DE PUEBLAAlcala Rodríguez Armando¹ y Escolero Fuentes Oscar²¹ Facultad de Ingeniería, UNAM² Instituto de Geología, UNAM
armas_alcala@yahoo.com.mx

La Cuenca Libres-Oriental localizada en los estados de Puebla, Tlaxcala y Veracruz constituye hidrológicamente una fuente de abastecimiento de agua subterránea muy importante para los habitantes de la región. La elevada capacidad de almacenamiento del acuífero lo convierte en uno de los más importantes para el edo. de Puebla y lo hace atractivo para ser considerado como una alternativa para el suministro de agua potable para la ciudad de Puebla, ello se debe a la presencia de material altamente permeable en las zonas bajas que favorecen la infiltración inmediata de los escurrimientos pluviales lo que origina que el patrón de drenaje superficial hacia las partes bajas sea prácticamente inexistente.

En la Cuenca Libres-Oriental se encuentran, entre otras estructuras volcánicas, seis maeres o conos de explosión freática o freatomagmática cuyo fondo esta cubierto por agua que presentan firmas hidroquímicas diferentes.

El propósito de este trabajo es elucidar sobre la interacción que existe entre el agua superficial y subterránea, particularmente entre el acuífero y el maar de Alchichica y con ello explicar las posibles causas de abatimiento de los niveles de agua de los maeres de la cuenca.

La metodología consistió en elaborar un reconocimiento hidrogeológico a detalle de la zona incluyendo el censo de aprovechamientos, nivelación de brocales de pozos y descripción estratigráfica de los cortes en las paredes de las norias, en los bordes del cráter y en las muestras colectadas producto de la perforación de un pozo a 100 m. dentro de la zona de estudio. Como resultado se estableció la red de flujo de agua subterránea en la zona, se construyó la columna estratigráfica y se propone el esquema de funcionamiento del acuífero en relación con la distribución de la salinidad en el agua subterránea y en la laguna de Alchichica.

GEOH-2

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL ACUÍFERO DE ACAPETAHUA, CHIAPAS, MÉXICOSánchez Ramírez Eva¹ y Steinich Birgit²¹ Instituto de Geofísica, UNAM² Centro de Geociencias, UNAM
evasr@geofisica.unam.mx

Se realizaron veinticuatro sondeos de resistividad y se analizaron 60 muestras de agua con el fin de determinar las características básicas del acuífero, como son la geometría y sus reservas de agua dulce.

Se realizó el análisis e interpretación química de un muestreo de aguas de la parte superficial de un segmento del acuífero costero de Acapetahua, Chiapas, el cual se localiza en una planicie con ligera inclinación hacia el mar y que consiste en una unidad hidroestratigráfica compuesta de sedimentos continentales del Cuaternario y Plioceno y un basamento cristalino formado por rocas ígneas y metamórficas del Precámbrico y Paleozoico.

Se empleó muestreo con volúmenes pequeños y se efectuaron análisis químicos por potenciometría, cromatografía de iones y espectrometría de absorción atómica.

La topografía del basamento se caracteriza por cumbres y valles profundos. La profundidad del basamento varía entre unos pocos metros y varios cientos de metros. Los altos del basamento se encuentran a lo largo de la línea costera, a distancias entre 4 y 15 Km de la costa, reduciendo considerablemente el espesor del acuífero.

Se propuso una división del área de estudio, incluyendo la zona de recarga, con base en la distribución de suelos. Con esta división se establece la influencia que tienen los suelos sobre algunos parámetros fisicoquímicos y químicos del acuífero. Los índices de saturación de las fases minerales presentes en el área de estudio, así como la clasificación de las familias de agua, avalan esta propuesta.

Se establece que la hora de muestreo repercute significativamente en la temperatura del agua subterránea en los primeros cinco metros del acuífero.

La zona de transición entre el agua dulce y el agua salada coincide en el espacio con los altos del basamento, tal y como lo demuestran los resultados del análisis iónico de las muestras de agua subterránea y la tendencia de distribución de concentraciones de los iones principales y de parámetros tales como el pH.

Los valores de concentración de nitratos y nitritos indican que en el área de estudio existe un problema de calidad del agua, que puede generar problemas de salud en la población humana y animal de las localidades involucradas, debido a la asociación existente entre la presencia de nitratos y bacterias coliformes.

GEOH-3

INTERACCIÓN AGUA-ROCA ASOCIADA AL REUSO DE AGUA RESIDUAL EN LA AGRICULTURA EN EL ACUÍFERO DE TECAMACHALCO, PUEBLA, MÉXICOMariani Eloisa Dominguez¹, Miretzky de Vior Patricia² y Carrillo Chavez Alejandro²¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM² Centro de Geociencias, UNAM
eloisa@geociencias.unam.mx

Ha sido probada la interacción entre el agua superficial que se aplica al riego y el agua subterránea desde el punto de vista hidráulico, químico, microbiológico e isotópico. Se ha s materiales que constituyen el acuífero somero, el mayor en explotación en la zona, está integrado por carbonatos de origen meteórico, por lo que su comportamiento está asociado a un acuífero de triple porosidad. El objetivo del presente es mostrar los cambios en la dinámica de disolución-precipitación en las discontinuidades del medio geológico asociados con la infiltración de agua superficial en el acuífero.

Mediante el modelado de la cinética con PHREEQC se muestra que simultáneamente a la mezcla y la precipitación de carbonatos, se presenta el incremento de las concentraciones de CO₂, lo que induce a continuación un nuevo periodo de disolución. Se determinó por el modelado, elevadas concentraciones de CO₂ en el agua subterránea del Distrito de Riego, que tendrían justificación por cualquiera de los siguientes procesos: la oxidación de materia orgánica que se infiltra en el acuífero, procesos metabólicos de microorganismos presentes en el medio saturado y la actividad de la zona radicular de la vegetación en

superficie. La presencia de fuentes continuas de este gas permitirá la renovación de la capacidad de disolución, lo que permitirá la infiltración en mayor medida de agua de riego. Por lo que la presencia de microorganismos indicadores como coliformes y estreptococos que se han encontrado en el agua subterránea, habrían tenido como vía de entrada los canales de disolución del medio.

La mezcla entre agua residual y subterránea favorecerá el incremento de la conductividad hidráulica con lo cual, los procesos de atenuación de contaminantes se verán reducidos y se favorecerán las modificaciones en la calidad del agua subterránea. Este estudio marca un aspecto diferente de los estudios del reuso de agua residual en la agricultura que se ha enfocado preferentemente a los aspectos sanitarios de esta práctica.

GEOH-4

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA POR ARSÉNICO EN ALDAMA, CHIHUAHUA

Rodríguez Pineda J. Alfredo¹, Reyes Cortés Ignacio², Hernández Ramírez Oscar², Cruz Medina Rodybeth² y Muñoz Robles Carlos¹

¹ Instituto de Ecología, A.C.

² Universidad Autónoma de Chihuahua
alfredo@sequia.edu.mx

Este resumen presenta resultados preliminares del estudio piloto desarrollado en la zona de Aldama, Chih. enfocado a definir el origen del As en el agua subterránea del Estado de Chihuahua. En los últimos diez años se ha detectado la presencia de arsénico en varios acuíferos de la zona centro y sur del Estado de Chihuahua (C.N.A., 1997) en concentraciones medias cercanas a la Norma Oficial Mexicana vigente durante esos años (0.05 mg/l), aunque en algunos casos específicos se rebasó dicho parámetro. Los estudios realizados no determinaron el origen del metaloide tóxico, únicamente uno de ellos en la zona de Aldama, Chih. estableció que el As provenía del entorno geológico dominado por rocas ígneas Terciarias y sedimentarias Paleozoicas (Rodríguez, 2000) que conforman la Sierra del Cuervo, ubicada a 30 km al noreste de la ciudad de Chihuahua.

La metodología de estudio incluye un análisis integral compuesto por muestreo de rocas, sedimentos y agua, análisis de reflexión espectral de los componentes geológicos y análisis estadísticos discriminitorios. De esta manera se han obtenido los primeros resultados del origen del As en el acuífero que es utilizado como fuente de agua potable para las ciudades de Chihuahua y Aldama.

Los resultados iniciales muestran que la Sierra del Cuervo es la fuente del arsénico en la zona. Tobas Terciarias consolidadas presentan altos contenidos de arsénico, hasta de más de 500 ppm aunque también otras tobas presentan valores de un dígito. Las lutitas Paleozoicas muestran concentraciones intermedias en un rango de valores de un dígito hasta 100 ppm en el caso de algunas lutitas mineralizadas. Otras rocas como calizas, conglomerados e intrusivos presentan valores insignificantes. Los sedimentos depositados en el valle presentan la misma tendencia que la roca madre. El agua subterránea presenta una concentración media de As que no rebasa el valor actual máximo permitido para agua potable permitido por la modificación a la norma NOM-127-SSA1-1994 (0.035 mg/l). Por su parte, el agua suministrada a la población de Aldama se presenta por debajo de los límites permitidos. El análisis espectral de imágenes satelitales TM 5 logró discriminar las rocas ígneas con contenidos de arsénico del resto de los componentes geológicos de la sierra.

Estos resultados nos dan los primeros indicios de que el arsénico en el agua subterránea del Estado de Chihuahua es principalmente de origen geológico, siendo algunas de las tobas Terciarias una de las principales fuentes; las tobas Terciarias es un componente primario de la geología estatal. Sin embargo, no se descarta que en distritos mineralizados y zonas agrícolas el As provenga de fuentes más específicas. Una segunda etapa de investigación propuesta aplicará el modelo conceptual desarrollado en Aldama para su valoración y aplicación en una zona de mayor dimensión y problemática.

Los resultados obtenidos en esta investigación son gracias al financiamiento obtenido a través de la convocatoria sectorial SEMARNAT-CONACYT 2002-01 del proyecto SEMARNAT-2002-C01-0165.

GEOH-5

COMPORTAMIENTO HIDROGEOQUÍMICO EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE AGUASCALIENTES

Ortiz Pérez Manuel y Steinich Birgit
Centro de Geociencias, UNAM
mortiz@geociencias.unam.mx

El valle de Aguascalientes se localiza entre los 22° 27' y 21° 38' de latitud norte y entre los 101° 53' y 102° 52' de longitud oeste, en la porción central de la República Mexicana, a una altitud media de 1946 metros snm. El valle es de origen tectónico, está limitado al este y al oeste por sierras y lomeríos. La fosa estructural contiene principalmente materiales aluviales semiconsolidados, constituidos por capas de arena, grava y materiales limo-arenosos de aproximadamente 300 m de espesor. La parte subyacente está constituida por rocas ígneas compactas con diferentes grados de fracturamiento y espesores comprendidos entre 150 y 450 m. El acuífero del valle tiene una extensión estimada de 4.167 km² donde se han identificado dos sistemas de flujo subterráneo que circulan en medios geológicos distintos con propiedades hidráulicas y calidad de agua diferentes. El sistema de flujo superior es de tipo libre, y está conformado por los materiales del medio granular se explota dentro de los primeros 200 a 400 m. de profundidad. Más allá de ésta, se explota el sistema de flujo inferior, mismo que se encuentra separado del primero por tobas impermeables o lavas e ignimbritas que constituyen el medio fracturado en el cual el agua subterránea se desplaza por fracturas a una velocidad comparativamente mucho mayor que en el medio poroso. El acuífero inferior es de tipo semiconfinado. La calidad química y la temperatura termal son características de esta unidad. La caracterización hidrogeoquímica e isotópica del acuífero se realizó en una red de monitoreo representativo de 86 pozos en marzo del 2004. Con el propósito de evaluar la calidad y cambios Hidrogeoquímicos del agua subterránea, la determinación del origen y mecanismos de recarga, la relación temperatura- profundidad en zonas fracturadas. De acuerdo a los valores de temperatura en los pozos de agua que se presentan al oriente, poniente y centro del valle se puede apreciar que en las zonas de falla se manifiestan temperaturas de 48°C en promedio y estas va disminuyendo conforme se alejan al centro del graven asta su valor de fondo anual, exhibiendo un medio granular con un cono de abatimiento que se refleja en su nivel estático de 3m/anales ante este fenómeno el acuífero manifiesta el incremento de la temperatura anualmente. Por otra parte podemos apreciar que los pozos ubicados al poniente y oriente del valle en el medio fracturado que coinciden con la zona de falla presentan menor tiempo de residencia y son pozos más profundos con temperaturas de 48°C. Por lo que concluimos que el agua subterránea del valle de

Aguascalientes cuenta con una importante fuente hidrotermal y que se manifiesta en zonas de falla que va en aumento con forme se profundiza la fuente de abastecimiento, manifestándose de igual forma en el medio granular disipando la temperatura del agua la mezcal generada en este medio conforme se aleja de la zona de falla.

GEOH-6

EVALUACIÓN GEOHIDROLÓGICA DEL TIRADERO MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE OAXACA, PARA CUMPLIR CON LA NORMA ECOLÓGICA NOM-083/ECOL-1996

Gijón Yescas Neftali, Aragón Sulik Manuel, Navarro Mendoza Susana y Belmonte Jiménez Salvador
CIIDIR, IPN, Oaxaca
maragon@ipn.mx

Se presenta la evaluación del tiradero municipal de la ciudad de Oaxaca, el cual tiene un funcionamiento de 20 años, y donde se disponen cerca de 683 tn/día de desechos sólidos provenientes de 17 municipios conurbados.

La evaluación se realizó mediante la determinación de los parámetros geohidrológicos incluidos en los métodos DRASTIC y el Factor de Tránsito. El material del subsuelo es básicamente arenisca intemperizada y fracturada, se midieron profundidades al nivel estático en promedio de 14m, el material predominante de suelo es grava arcillosa, además que las conductividad hidráulica medidas están en un rango de $1e-04$ a $6e-04$ m/s y se obtuvo un coeficiente de escurrimiento de 0.17.

Los resultados indican que este tiradero a cielo abierto no cumple con la Norma Oficial Mexicana NOM-83/ECOL-1996.

GEOH-7

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA ESCORRENTÍA DE LOS PRINCIPALES RÍOS QUE ATRAVIESAN LA CIUDAD DE MORELIA, MICHOACÁN

Arreygue Rocha Eleazar, Alcalá Ochoa Salvador y Garduño Monroy Víctor Hugo
UMSNH
arrocha@zeus.umich.mx

La red hidrográfica que atraviesa la ciudad de Morelia está constituida por tres ríos, los cuales son: el río Grande, el río Chiquito y el río la Hoya o arroyo de Tierras. Estos ríos han llamado nuestra atención para realizar el presente estudio, debido a que hasta hace pocos años eran unos de los pocos ríos de aguas claras que existían en México. Sin embargo, los asentamientos humanos en zonas cercanas al nacimiento de estos ríos y en zonas urbanas hoy altamente pobladas, han venido afectando enormemente la calidad de las aguas que estos cauces transportan y del cual se abastecen los mantos acuíferos de la región.

El Río Grande de Morelia nace en la unión de varios arroyos en la zona montañosa que se extiende al sur de la ciudad y mantiene un curso suroeste – noreste, además recibe varios tributarios por su margen derecha, antes de cruzar por la ciudad de Morelia. En Zacapendo, cambia bruscamente su dirección hacia el norte, entrando a la planicie de Álvaro Obregón-Queréndaro con un curso divagante, para desembocar en el lago de Cuitzeo. La cuenca del río Grande de Morelia tiene una superficie de 1500 km², aproximadamente.

La escorrentía del río Chiquito y la Hoya o arroyo de Tierras, corren de sureste a noroeste. Nacen en la Sierra de Mil Cumbres y se unen al Río Grande después de recorrer su tramo urbano. El recorrido del Río Chiquito por la ciudad es de casi 7 km, el arroyo de Tierras es de 6 km, se ha observado un incremento en el gasto de aguas negras que circulan sobre los lechos de estos ríos. Las aguas que alimentan estos cauces son principalmente aguas negras del sur de la ciudad y aguas pluviales en los períodos de lluvias.

El objetivo principal del estudio es poder identificar los tipos de agua o contaminantes que descargan al río y que finalmente llegaran al lago de Cuitzeo, lugar donde se cría el Charal y de donde dependen bastantes familias de pescadores de la ribera del lago. El agua que escurre por el río es utilizada para el riego de alfalfa, hortalizas, maíz, trigo, etc., principalmente estos cultivos se localizan en la planicie de Álvaro Obregón y que dichas hortalizas posteriormente son llevadas a los mercados de la localidad.

GEOH-8

DESCRIPCIÓN Y MODELACIÓN DE LAS ESCORRENTÍAS DEL SISTEMA DE PRESAS DEL RÍO YAQUI SONORA

Cruz Medina Roberto
Instituto Tecnológico de Sonora
rcruz@itson.mx

La descripción y modelación de las escorrentías es de gran importancia porque permite la estimación del volumen total anual del agua disponible para uso doméstico, industrial y agrícola. Para la estimación y modelación de los volúmenes anuales disponibles se utilizaron las series de datos históricos de la CNA de 1942-2002 para la presa "La Angostura" y de 1965-2002 para las presas "El Novillo" y el "Oviachic" del Río Yaqui Son. La descripción de la escorrentías permite establecer que se dispone en promedio de 3,564 hm³ para uso general, sin embargo, debido a la aleatoriedad de los escurrimientos, el volumen programado para utilizar en cada año debe depender tanto del almacenamiento actual como de los escurrimientos esperados en el año siguiente, esto significa, por ejemplo, que si los embalses están llenos en un año específico, el volumen programado para uso puede ser mayor al volumen promedio esperado; pero si el volumen de los embalses es escaso, digamos del 10% de la capacidad total, se debe programar el uso de un volumen inferior a este promedio captado de 3,564 hm³.

Para incrementar la precisión en los pronósticos de las escorrentías, es conveniente investigar si existen variables auxiliares que permitan mejorar el ajuste de los modelos utilizados. En este trabajo se analizó, por medio de análisis de correlaciones y funciones de transferencia, la posible dependencia de esta variable hidrológica con los fenómenos atmosféricos a gran escala conocidos como "El Niño" y la "La Niña" utilizando los índices y variables que tratan de caracterizar a estos fenómenos. Los análisis muestran que las autocorrelaciones de las escorrentías anuales no son significativas y la estadística de Ljung y Box (1978), que se utiliza para probar la hipótesis nula de que todas las autocorrelaciones con desfases de 1 a k son iguales a cero, permiten concluir que las escorrentías pueden considerarse como variables aleatorias independientes lo cual justifica el ajuste de una distribución de probabilidad a las escorrentías anuales y la elaboración de pronósticos con estas funciones que asumen que las observaciones son independientes. Otro aspecto importante de los escurrimientos es su distribución mensual a través del año. Como era de esperarse, esta distribución es semejante a la distribución de las precipitaciones. Durante los meses de Agosto,

Septiembre y Octubre, durante el llamado "monzón mexicano", se colecta aproximadamente el 50% de las escorrentías anuales. Los escurrimientos mensuales sí muestran autocorrelaciones significativas por lo que no es posible suponer que son variables aleatorias independientes. Para modelar la distribución mensual de los escurrimientos se utilizaron modelos que incluyen variables clasificatorias para los meses y modelos ARIMA (autoregressive integrated moving average), las variables clasificatorias aunque disminuyen significativamente a la desviación estándar residual de las escorrentías no eliminan las autocorrelaciones que sí fueron explicadas por las funciones de transferencia que incluyen a las variables clasificatorias y a los modelos ARIMA.

GEOH-9

GROUNDWATER DIFFERENTIATION OF THE AQUIFER IN THE VIZCAINO BIOSPHERE RESERVE, IN BAJA CALIFORNIA PENINSULA

Brito Castillo Luis y Méndez Rodríguez Lía Celina
 CIBNOR
 lbrito04@cibnor.mx

The National Water Commission of Mexico (CNA) has considered the aquifer located in the Vizcaino Biosphere Reserve (the Reserve) as one water body. The Vizcaino aquifer is one of the most important aquifers in the Baja California Peninsula. Using groundwater quality data from 163 wells, the aquifer in the Reserve was differentiated. Varimax-rotated empirical orthogonal function (EOF) analysis was applied to 135 wells using chemical analysis data of 12 groundwater parameters. Information from 28 remaining wells was useful to confirm the results obtained from EOF analysis. Our results indicate that water quality in this aquifer within the Reserve is differentiated into eastern area, western area, and central area. The eastern area is characterized by high concentration of bicarbonate ions caused by the reactions of water with rocks that define a medium-K calc-alkaline suite. The western area is characterized by high concentrations of Na+, K+, SO42-, Cl- and TDS, a result from the dissolution of gypsum, halite and polyhalite minerals. The central area is the most important because of the farming activities. The groundwater shows high concentrations of soluble nitrates, a product of agricultural fertilizer. Because of high withdrawals in the central area, some seawater intrusion is already evident. The results of this study can be useful to CNA and the public interested in a better groundwater management of this aquifer.

GEOH-10

MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LA SUBCUENCA SAN LÁZARO BAJA CALIFORNIA SUR: UNA APROXIMACIÓN A SU MANEJO

Burciaga Rendón Jesús¹, Wurl Jobst¹, Martínez Gutiérrez Genaro¹ y Breceda Solís-Cámara Aurora²
¹ UABCS
² CIBNOR
 jwurl@uabcs.mx

En el sur de la península de Baja California el fuerte desarrollo de la población y un sector turístico en expansión ha afectado un alto consumo de agua subterránea que excede la recarga natural del acuífero de San José del Cabo. Por tal motivo, es necesario realizar un estudio de manejo de la cuenca para evaluar la recarga del acuífero como parte de un manejo integral de la cuenca de San José del Cabo.

Una alternativa para la evaluación, lo integran los sistemas de modelación hidrogeológica ya que permiten obtener un pronóstico sobre el comportamiento de los acuíferos.

La recarga mayor en la región tiene su origen en la Sierra de la Laguna con alturas que superan los 2000 m. El clima en la región es semidesértico con precipitaciones que alcanzan hasta los 700 mm en la parte alta (Sierra de la Laguna). La geología regional la integran rocas ígneas y metamórficas de edad Cretácica.

El área de estudio se localiza a 175 km al sur de la ciudad de La Paz y corresponde a la subcuenca San Lázaro con un área de 3.38 km². El modelo conceptual para la subcuenca está formado por una unidad hidrogeológica impermeable que permite el flujo de agua y su infiltración posterior sobre los depósitos aluviales permitiendo la recarga de la parte baja de la cuenca de San José del Cabo.

Se aplicó el modelo Watershed Modeling System 7.0 para obtener hidrogramas teóricos de los escurrimientos de algunos eventos de los últimos 5 años. La base de la modelación está integrada por un modelo digital de elevación 30x30, mapa de suelos, mapa de uso de suelos y datos de precipitación; además de los modelos GSSHA, HEC-1 y TOPAZ.

Estos conocimientos permitirán conocer la cantidad y distribución para alimentar al modelo Processing ModFlow 5.0.

Fue posible obtener hidrogramas sintéticos y calibrar el modelo con datos de escurrimientos actuales.

En conjunto (el presente trabajo y la modelación para la parte baja) incluyendo los resultados de otros grupos de trabajo dentro del proyecto "PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL PARA LA CUENCA HIDROLÓGICA-FORESTAL SAN JOSÉ DEL CABO, BAJA CALIFORNIA SUR" permitirá obtener un modelo integral de la recarga y descarga de la cuenca.

GEOH-11

MODELACIÓN DEL ACUÍFERO DE SAN JOSÉ DEL CABO, BAJA CALIFORNIA SUR, UTILIZANDO EL PROGRAMA MODFLOW

Araiza Verdugo Raúl Alberto¹, Wurl Jobst¹, Burciaga Rendón Jesús¹, Martínez Gutiérrez Genaro¹ y Breceda Solís-Cámara Aurora²
¹ UABCS
² CIBNOR
 jwurl@uabcs.mx

El modelo Modflow una herramienta utilizada para modelación hidráulica en medios porosos saturados (modelación del flujo superficial y subterráneo). Es un modelo en 3D y se encuentra entre los más desarrollados y utilizados, ya que tiene su aplicación en la modelación del flujo.

El objetivo principal de esta modelación fue integrar el conocimiento existente en un modelo para cuantificar la cantidad de agua que se infiltra sobre los arroyos y la recarga de los acuíferos, los cuales son un requisito para calcular pronósticos para el comportamiento de la cuenca en un futuro y para su manejo sustentable.

La cuenca de San José del Cabo está ubicada al sur de la península de Baja California con una extensión de 1,278 km². El arroyo principal de esta cuenca es el San José, que fluye en dirección norte-sur y es alimentado principalmente por las sierras La Laguna y La Trinidad. La frontera entre las sierras formadas por rocas metamórficas y los sedimentos depositados en la parte oeste, es el sistema de falla San José que se encuentra en dirección norte-sur con una extensión aproximada de 80 km y una zona de influencia de 200 m. Los sedimentos del Terciario y Cuaternario forman un acuífero libre constituido fundamentalmente por depósitos de origen fluvial, comprendiendo arenas desde finas hasta gruesas, gravas, clastos, etc.

Dentro de la cuenca se clasificaron cuatro acuíferos, los cuales se obtuvieron de 12 perfiles geofísicos archivados por la CNA. Dentro de la cuenca se clasificaron cuatro acuíferos, los cuales fueron definidos por: 1.- arenas y gravas con o sin arcillas no saturadas, 2.- arenas y gravas con arcillas saturadas, 3.- arenas de grano fino a grueso y gravas sin contenido de arcillas y saturadas, 4.- granito alterado.

Para conocer la hidráulica de los acuíferos, fue necesario reinterpretar 23 pruebas de bombeo de los pozos más profundos en la cuenca, los cuales se realizaron en estudios anteriores. En todos los arroyos de la cuenca se tomó muestra de sedimento para conocer la porosidad eficaz y permeabilidad a la superficie. Se obtuvieron 51 muestras de sedimento, lo cual arrojó un promedio de la conductividad hidráulica de 9.7 E-4 m/s.

Para la calibración del modelo fue necesario realizar mediciones de escurrimiento

El próximo paso fue la discretización del área en una malla de 79 x 34 celdas (500 por 500 m para el lado oeste, donde la información fue menos densa y 250 por 250m para el lado este, donde la información fue más densa).

Como pre- y postprocesor se utilizó el programa Processing Modflow. Para el manejo del flujo superficial y la infiltración se utilizó el módulo de Streamflow. Los hidrográmas del flujo superficial inicial para el modelo se obtuvieron de mediciones directas de escurrimiento en el campo y de hidrográmas sintéticos.

Como base para la calibración del modelo se utilizó los niveles freáticos desde 1990–2004) de 40 pozos documentados por la CNA.

Posteriormente se realizaron cálculos de escenarios después del huracán Julieta y un pronóstico basando en hidrográmas sintéticos.

GEOH-12

ALCANCES Y LÍMITES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA MODELACIÓN DE LOS ACUÍFEROS

Masuch Oesterreich Dirk
Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
dmasuch@ccr.dsi.uanl.mx

Mientras la metodología del análisis hidrológico con los métodos de los SIG ya está bien establecida, la modelación de las propiedades hidráulicas, de la geometría, y de la hidrodinámica de los acuíferos todavía presenta un problema que en ocasiones no tiene una solución satisfactoria. Esto es debido a que en la mayoría de los paquetes de software SIG no están implementadas adecuadamente las leyes del flujo subterráneo en los métodos de interpolación y en los generadores de superficies.

La representación de la geometría de un acuífero requiere como mínimo de modelos de la superficie de la tierra, de la morfología del nivel piezométrico, y de la base del acuífero, los cuales deben de tener el formato de un "grid". Una vez establecidos, estos grids permiten el cálculo de los modelos de la distancia entre la superficie de la tierra y el nivel freático, el espesor de la zona no saturada, el espesor del acuífero, y las distancias entre la superficie del terreno y el nivel piezométrico hacia la base del acuífero. En el sistema ArcGIS, estos cálculos son operaciones simples en el módulo GRID. Un problema se manifiesta en la generación del grid de la morfología del nivel piezométrico, lo cual debe de cumplir con la ley de Darcy, para ser considerado como hidráulicamente correcto. ArcGIS contiene cinco generadores de superficies (IDW, Kriging, Trend, Spline, Topogrid), de los cuales el "Spline" parece ser el más adecuado para esta tarea, por su capacidad de generar superficies suaves que pasan por los puntos de la toma de los datos piezométricos.

Para la modelación dinámica, el ArcGIS contiene el comando "Darcyflow", el cual es utilizado para el control de la consistencia de los datos hidrogeológicos a través del balance del agua para cada celda, y para la modelación bidimensional. "Darcyflow" requiere de grids de la transmisividad, de la conductividad hidráulica, de la porosidad efectiva, y de la piezometría. El resultado depende de la calidad y de la consistencia de los grids de estos parámetros. La dificultad entonces no es la aplicación del "Darcyflow", sino la generación de los grids de los parámetros hidráulicos. Además, es importante considerar que el modelo de datos de los grids es una representación en solamente dos dimensiones, lo cual implica que cada celda representa un valor promedio del respectivo parámetro hidráulico hacia la profundidad del acuífero. Las heterogeneidades en la composición de los acuíferos y la variación vertical de los parámetros hidráulicos son difíciles de integrar en el modelo. Además, el empleo del "Darcyflow" en rocas consolidadas no sería adecuado.

Aunque los Sistemas de Información Geográfica no son paquetes de software específicamente desarrollados para la modelación de los acuíferos, son herramientas analíticas muy útiles en la evaluación de los parámetros hidráulicos, de las dimensiones y de la dinámica de los acuíferos. Sin embargo, los resultados dependen mucho del empleo del método adecuado de interpolación y de la experiencia del analista y sus antecedentes profesionales en cuestiones de la hidráulica de los acuíferos.

GEOH-13

EL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ESTADO DE QUERÉTARO

Salinas Calleros Gabriel
Comisión Nacional del Agua
gabriel.salinas@cna.gob.mx

Uno de los problemas en cuanto a la información de aguas subterráneas del país, era la falta de coincidencia entre las diferentes fuentes de recopilación. Los nombres de los acuíferos no siempre coincidían, además de que en algunos estados el número de acuíferos era diferente de una fuente a otra.

Se consideraban las áreas donde la explotación del recurso era intensiva, y las de recarga eran consideradas sólo parcialmente. Esta poca atención puesta en los límites de un acuífero, y en especial a su zona de recarga se debe a que la evaluación del recurso subterráneo no precisaba mayor detalle, ya que las áreas donde se llevaba a cabo el balance correspondiente, no estaban involucradas en el proceso de la administración de las aguas nacionales.

Con la modernización del manejo del agua, se ha convertido en una exigencia ineludible, señalar límites a los acuíferos para lograr una más justa distribución de las extracciones por parte de los usuarios, quienes necesitan someterse a la autoridad para conseguir un permiso o concesión y para hacer algún tipo de transacción sobre el bien con el cual ya pueden negociar con otro usuario, dentro de lo estipulado en la actual Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

Se realizó un trabajo de selección de argumentos para lograr que los acuíferos fueran cuidadosamente delimitados, ya que con la maduración de los nuevos conceptos del manejo del agua subterránea y con la nueva normatividad, nos encontramos inmersos en procesos que permitirán mayor transparencia en el cuidado del bien nacional.

La administración del recurso hídrico subterráneo necesita de tres elementos para funcionar: el lugar en donde se aplicarán las reglas; la cuantificación del recurso y, entre quiénes será repartirlo.

Para el primero de los elementos arriba mencionados, es necesario establecer los límites de las fuentes de abastecimiento.

Por tal razón, afín a los objetivos, tanto para la evaluación del recurso, como para la administración del agua subterránea, se establecieron una serie de criterios técnicos que a nivel nacional fueron aplicados para marcar los límites de los acuíferos y sus zonas de recarga, de una manera sistemática y práctica, con la salvedad de que varios acuíferos deberán de ser considerados bajo análisis especiales, por el funcionamiento propio de las aguas del subsuelo.

Los criterios técnicos mencionados son los siguientes:

- Criterio Hidrográfico
- Criterio Geológico
- Criterio Piezométrico y de Calidad Natural del Agua.
- Criterio Geomorfológico
- Criterio Geopolítico

El Estado de Querétaro está dividido para el manejo de las aguas subterráneas en 11 unidades hidrogeológicas o acuíferos. Estos criterios se han aplicado para delimitar los acuíferos de los diferentes estados obteniéndose resultados, hasta hoy favorables.

Para la determinación de la disponibilidad de agua, se utilizaron los métodos de cálculo que se basan en la aplicación de balances de masa a las unidades de gestión, dando como resultado una baja disponibilidad en la mayoría de los acuíferos dentro del estado.

GEOH-14

PROBLEMATICA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD INDUSTRIAL DE MONTERREY, NUEVO LEÓN, MEXICO

De Leon Gomez Hector¹, Kurt Schetelig², Jorg Werner³, Rafiq Azzam², Navarro De Leon Ignacio¹, Ramirez Salinas Octavio⁴, Barrera Medina Francisco¹, Masuch Oesterreich Dirk¹, Alva Niño Efrain¹ y Rangel Rodriguez Martin¹

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

² Universidad de Aachen, Alemania

³ Universidad de Freiburg, Alemania

⁴ Servicios de Agua Potable y Drenaje de Monterrey
hdeleon@ccr.dsi.uanl.mx

La situación geográfica del estado de Nuevo León con climas templados y secos, morfología marcada, hidrografía pobre, precipitaciones bajas y evaporaciones altas, así como el explosivo

crecimiento demográfico, ha generado que el abastecimiento de agua potable a las ciudades y poblaciones sea insuficiente desde 1979. La ciudad principal, mayor poblada y de relevancia industrial, lo constituye Monterrey y su área metropolitana. Allí se concentran casi el 95% de la población total del estado de Nuevo León. Actualmente cuenta con casi 4.0 millones de habitantes (INEGI, 1990) y presenta una demanda de agua actual para los usos domésticos, municipales e industriales de un poco más de 17 m³/s (CAPDM, 1990).

El abastecimiento de agua potable actual es cubierto un poco más de la mitad de la demanda actual a través de las fuentes subterráneas (Campo de pozos Mina, Sistema Santa Catarina, Sistema Santiago I y Campo de pozos Monterrey) y las fuentes superficiales (Sistema Santiago II, Sistema Regional Linares-Monterrey y el Sistema Regional China-Monterrey). Las fuentes subterráneas se localizan geológicamente en los acuíferos calcáreos con coeficientes de almacenamiento y transmisividades altos de las formaciones Aurora/Cupido del Cretácico medio. El agua subterránea que circula a través de esas calizas, se debe principalmente a fenómenos kársticos, así como a zonas fracturadas y falladas. Las fuentes superficiales se localizan en el antepaís de la Sierra Madre Oriental y las constituyen las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo; cuyas aguas de origen fluvial y subterráneo son captadas por las redes hidrográficas de sus cuencas respectivas.

La demanda actual para Monterrey basada en el número de habitantes y en una dotación diaria media per cápita de 370 litros es de aprox. 17.20 m³/s (CAPDM, 1990). Sin embargo dicha demanda es cubierta aprox. con 11.69 m³/s, es decir un 35% a través de las fuentes superficiales y un 65% a través de las fuentes subterráneas (SAyDM, 2002). Comparando la demanda total (17.20 m³/s) con el suministro real actual (11.69 m³/s) resulta un déficit de 5.51 m³/s.

A través de estudios geológicos, hidrogeológicos, geología ambiental se evaluaron las fuentes subterráneas y superficiales con la meta de conocer su comportamiento y estado actual en el Sistema de Abastecimiento Regional de Monterrey.

Se propusieron medidas de remediación y saneamiento a las fuentes evaluadas, cuya meta principal es la de aumentar la oferta actual a la población de Monterrey.

GEOH-15

ANÁLISIS DE LA INTRUSIÓN DE AGUA DE MAR EN EL ACUÍFERO DE LA PAZ, B.C.S.

Torres Onofre Sandra¹ y Escolero Fuentes Oscar²

¹ Instituto Politécnico Nacional

² Instituto de Geología, UNAM

sandra_torres@prodigy.net.mx

El Acuífero de La Paz, localizado al sur del Estado de Baja California Sur, presenta una extracción intensiva de agua subterránea (sobrexplotación) la cual ha provocado la intrusión de agua de mar hacia el acuífero, amenazando a las fuentes actuales de abastecimiento de agua potable a la ciudad de La Paz.

Con objeto de analizar el efecto provocado por diversas políticas de explotación del agua subterránea, se realizó un modelo de simulación de flujo y transporte de solutos (agua marina). Este modelo se realizó con el programa HST3D, bajo el ambiente de ARGUS ONE. Este software simula el transporte de soluto en tres dimensiones al resolver tres ecuaciones simultáneamente, la ecuación de flujo, ecuación de transporte de calor y ecuación de transporte de soluto.

La geometría del modelo es de 72x55 celdas con 22 capas, esta geometría se discretizó a partir de la información sobre la geología superficial y subterránea del acuífero de la Paz, B.C.S.

En la etapa de predicción se procesaron seis escenarios, para analizar diferentes comportamientos: 1) Status Quo, 2) Relocalización de pozos, 3) Reasignación de volúmenes de agua, 4) Intercambio de agua, 5) Equilibrio entre recarga y extracción y 6) Seguir la tendencia Inercial.

Uno de los escenarios muestra que de seguir con el ritmo de extracción actual, la calidad del agua se verá afectada con incrementos de hasta 300 ppm de sólidos totales disueltos, en los próximos 10 años, en la porción central del Valle de La Paz.

Mientras que otro de los escenarios muestra que al incrementarse la extracción de agua subterránea en 5 Millones de metros cúbicos en la porción sur del Valle de La Paz, disminuirá la entrada de agua marina a 0.66 Mm³/año, y se acentuará el abatimiento del nivel estático en esta zona, hasta 2.6 m/año, problema que no se presenta actualmente.

De acuerdo al escenario de intercambio de agua, en el cual se dejan de extraer 5 millones de metros cúbicos en los pozos cercanos a la costa y se intercambian por agua residual, este genera recuperaciones de hasta 1 m/año en la zona al oriente del Aeropuerto, mientras que la calidad del agua en esta zona mejora hasta 20 ppm de sólidos totales disueltos en los próximos diez años.

Del análisis de los diversos escenarios planteados y simulados, se puede concluir que ninguno de ellos, aplicado de manera aislada puede resolver por sí solo el problema de la intrusión marina. Sin embargo, una combinación adecuada de ellos, que tome los elementos positivos de cada uno de ellos sí podría incidir de manera positiva para detener y eventualmente reducir la intrusión de agua de mar, para proteger las fuentes de agua para usos prioritarios.

GEOH-16

MONITOREO CONTINUO DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO EN LA ZONA GEOTÉRMICA DE CERRO PRIETO

Vázquez González Rogelio¹, Glowacka Nita Ewa² y Díaz Fernández Alejandro¹

¹ Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE

² Depto. de Sismología, CICESE
rvazquez@cicese.mx

En marzo del 2000 se instalaron dos medidores de nivel piezométrico de registro continuo en pozos ubicados en la zona geotérmica de Cerro Prieto, con la finalidad de determinar las variaciones de período corto que afectan los niveles en el acuífero. Estas observaciones complementaron el programa de monitoreo trimestral del nivel de agua en una red de pozos emplazados en el acuífero superficial presente en la zona. En junio del 2003 se instalaron y entraron en operación 5 equipos adicionales, completando una red de monitoreo continuo del nivel piezométrico en el acuífero superficial, como parte de un proyecto multidisciplinario dirigido a estudiar relaciones dinámicas, entre la deformación superficial, la actividad sísmica, y el cambio del nivel de agua en pozos de observación. La instrumentación incluye grietómetros e inclinómetros de superficie y de pozo, y está emplazada en la zona del campo geotérmico de Cerro Prieto.

Los medidores de nivel piezométrico se programaron para tomar lecturas con un período de muestreo de 5 minutos y tienen capacidad de almacenar hasta 24000 mediciones, por lo que pueden operar aproximadamente 2.7 meses de manera autónoma. Los equipos utilizados miden además del nivel, la temperatura del agua en el pozo, con el mismo período de muestreo. La ubicación de los sitios de medición se determinó tomando en cuenta los objetivos del proyecto multidisciplinario, cubriendo ambos lados de la traza de las fallas Imperial y Cerro Prieto, al noreste y suroeste del campo geotérmico respectivamente.

El análisis de las series de tiempo obtenidas permite determinar la frecuencia de las componentes principales e identificar la amplitud de las variaciones del nivel y la temperatura del agua, así como proponer la posible causa de éstas.

La determinación de la correlación de las variaciones del nivel del agua en los pozos, con la información obtenida en los instrumentos que miden la deformación superficial, está en proceso y de manera preliminar se ha identificado una oscilación con período de aproximadamente 7.5 días. En lo que respecta al nivel de agua, en los registros están presentes variaciones no correlacionadas entre sitios con períodos superiores a los 20 días. Es probable que sean producidas por modificaciones en las condiciones geohidrológicas locales.

Este trabajo es parte del proyecto Monitoring of surface deformation in the Mexicali Valley (B.C., México), financiado por el CONACYT. Se agradece a la Residencia General de Cerro Prieto de la CFE, los permisos de acceso a la zona de estudio.

GEOH-17

ESTIMACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA MEDIANTE PRUEBAS TIPO "SLUG TEST" UTILIZANDO EL MÉTODO DE HVORSLEV

Vázquez González Rogelio, Tejada Edgardo y Díaz Fernández Alejandro

Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE
rvazquez@cicese.mx

Las pruebas tipo "slug test" son utilizadas para determinar la conductividad hidráulica en pozos. La prueba consiste en modificar de manera instantánea la columna de agua en el pozo sumergiendo un cuerpo sólido. De esta manera se induce un incremento (o decremento al extraerlo) en el nivel del agua por encima del nivel estático, sin costosas operaciones de campo como en el caso de las llamadas pruebas de bombeo. El proceso consiste en la medición continua de la variación del nivel del agua en el pozo, en respuesta a una modificación súbita del mismo. Al igual que en las pruebas de bombeo, la interpretación de las mediciones de campo se realiza utilizando modelos matemáticos que, mediante una serie de suposiciones sobre simetría, homogeneidad y condiciones iniciales y de frontera, simplifican la relación entre las mediciones y los parámetros geohidrológicos del acuífero permitiendo la utilización de métodos gráficos.

La necesidad de medir en forma continua la evolución del nivel de agua y las limitaciones de instrumentos de medición del tipo sondas de electrodos, ocasionó que por regla general solo se aplicaran pruebas "slug test" en acuíferos de baja conductividad hidráulica. La aparición en el mercado de medidores de nivel de agua

programables a intervalos de muestreo menores a un segundo, ha abierto la posibilidad para la aplicación de este tipo de pruebas de manera efectiva y económica aún en acuíferos de alta conductividad.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de las pruebas "slug test" para tres pozos ubicados en el acuífero superficial en la región del Campo Geotérmico de Cerro Prieto. Los pozos presentan condiciones de media a alta conductividad hidráulica de 10-3 a 10-5 cm/s (~ .01 a 1.0 m/d). Para la medición de la variación del nivel del agua en los pozos, se utilizaron medidores de registro continuo programables con período de muestreo de 0.5 a 1.0 segundos. Para la interpretación de las pruebas se utilizó el método de Hvorslev que es apropiado para pozos que no penetran totalmente el acuífero, como es el caso de los pozos estudiados. Los resultados obtenidos concuerdan cualitativamente con los datos de aforo de los pozos. En la presentación se expondrán las operaciones de campo para cada pozo estudiado, el proceso de toma de datos y el modelo de interpretación utilizado.

Este trabajo es parte del proyecto "Muestreo y Análisis Químico en la Red Piezométrica de Cerro Prieto", realizado por el CICESE para la Residencia General de Cerro Prieto de la CFE, contrato 800119921.

GEOH-18

CIERRE HIDRÁULICO DEL PROYECTO HIDROELECTRICO EL CAJÓN, ESTADO DE NAYARIT

Sánchez Pérez Juan, Garrido Uribe José Luis y García Villegas Felipe
Comisión Federal de Electricidad
juan.sanchez@cfe.gob.mx

En los estudios geológicos para el Proyecto Hidroeléctrico El Cajón, Nayarit, actualmente en construcción, se registró que el nivel freático (NF), en la margen izquierda, se encuentra a solo dos metros arriba del nivel del río y tiene un gradiente hidráulico del 2% hasta una distancia aproximada de 350 m del cauce; sin embargo, en algunos sondeos no se detectó el NF, por lo cual se decidió investigar su comportamiento. En el 2002, se reanudó el monitoreo y la investigación de los niveles del agua subterránea en la zona de la cortina, con exploración geofísica y la perforación de 2 sondeos por cada margen, separados unos 200 m del último barreno perforado en 1995. La exploración se realizó principalmente en la proyección del eje de la cortina en las laderas.

En el cauce del río aflora la Unidad TicU1; a lo largo del plinto, las unidades TicU2 y TicU3. En la parte superior del empotramiento de la cortina, en la margen izquierda, la Falla Puertecitos pone en contacto las ignimbritas con tobas de la Unidad Tvs.

Las ignimbritas de la Unidad TicU2 tienen calidad regular a buena (RT = 94% y RQD = 58 a 87%), con tramos poco permeables a algo impermeables. La Unidad TicU3 es de calidad excelente a regular (RT = 100% y RQD = 50 y 92%), y en ella predominan los tramos poco permeables. En los vulcanosedimentos (Tvs) que se localizan en la margen izquierda, se tiene roca de buena calidad (RT=100% y RQD > 75%), con tramos poco permeables a impermeables y algunas zonas permeables (correlacionadas con las fracturas o fallas principales).

El principal sistema de discontinuidades es el N30°W/66°NE; el segundo esta orientado N50-60°E, e incluye las fallas Puertecitos, Playón y Lagarto-Crucero, que son las más importantes para las condiciones de cierre hidráulico. La pseudoestratificación esta orientada N32°W/22°SW. En la margen izquierda el contacto Tvs-TicU3 se profundiza hacia el macizo rocoso, con una inclinación general inferior a los 10°; en esta zona se realizaron 145 pruebas de permeabilidad en 6 de los sondeos, resultando el 78% de ellas impermeables a poco permeables, mientras que el 22 % restante fueron permeables a muy permeables; por lo que, en general, se considera este paquete como un sello impermeable natural. La intersección de los dos sistemas de discontinuidad principales forma un escalonamiento de los bloques inclinados hacia aguas arriba, lo que es favorable contra el flujo de agua.

La unidad Tvs de la margen izquierda, resultó prácticamente impermeable; los tramos permeables en las ignimbritas de las unidades TicU3 y TicU2 (en ambas márgenes) son locales y están relacionados con la intersección de fracturas, por lo que, la pantalla de inyecciones programada esta orientada a mejorar la impermeabilidad del macizo rocoso y con ella, lograr el cierre hidráulico para el proyecto.

GEOH-19

EVALUACIÓN DEL ABASTECIMIENTO DE SISTEMAS RÍO-ACUÍFERO

Martínez Nájera Juan Diego y Talamantes Contreras Pablo
CFE
jdmtez@cfe.gob.mx

La investigación consiste en la implementación de un modelo matemático para simular las condiciones hidrológicas de sistemas río-acuífero. Dicho modelo tiene como finalidad evaluar, de manera cualitativa y cuantitativa los efectos de las obras de captación ante situaciones de mínima escorrentía del río, para con ello determinar el potencial de aportación del sistema ante situaciones críticas.

El modelo construido consiste en el acoplamiento conceptual y numérico de dos estructuras que toman en cuenta aspectos diferentes de los sistemas en consideración. La primera, llamada hidráulica de superficie efectúa el balance de masa y momentum a lo largo del recorrido del río, es decir en toda su longitud; mientras que la segunda estructura, llamada hidrogeológica, efectúa el balance de masa y energía en cada uno de los acuíferos de interés. Una de las características fundamentales de los modelos bien construidos concierne a su convergencia. Los modelos mencionados, por separado deben satisfacer los criterios de convergencia interna de sus procesos. En general vamos a decir que el modelo acoplado obtenido es satisfactorio si el proceso iterativo y los modelos usados convergen. Al respecto decimos que el proceso iterativo y los modelos convergen si satisfacen una tolerancia pequeña entre dos pasos sucesivos.

Una vez calibrados los dos modelos, y vaciados los parámetros de campo, el acoplamiento de los mismos se da en términos iterativos. Finalmente se presentan los resultados obtenidos, luego de aplicar la metodología propuesta al sistema río Papagayo y playones principales, en el Estado de Guerrero.

GEOH-20

CORRELACIONES ESTADÍSTICAS OBTENIDAS ENTRE PARÁMETROS GEOFÍSICOS E HIDROGEOLOGÍAS OBTENIDAS EN ACUÍFEROS CÁRSICOS CUBANOS

Valcarce Ortega Rosa María y Rodríguez Miranda Willy
Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba
rosy@tesla.cujae.edu.cu

La tortuosidad y porosidad de las rocas controlan la conductividad eléctrica y la conductividad hidráulica de los acuíferos., o sea, estas propiedades son factores controladores del flujo de corriente eléctrica y del flujo del agua subterránea. Es por ello que la literatura especializada muestra un gran número de investigaciones donde se reportan relaciones empíricas entre parámetros geoelectrónicos e hidráulicos, fundamentalmente en medios porosos intergranulares no arcillosos.

En acuíferos cársicos, caracterizados por una elevada heterogeneidad y anisotropía, no es frecuente encontrar dependencias empíricas de esta naturaleza. No obstante, en la presente investigación, relacionando la Ley de Ohm y la Ley de Darcy, los autores reportan correlaciones estadísticas significativas entre parámetros geofísicos e hidráulicos en el acuífero cársico Cuenca Sur de La Habana. Para ello fueron interpretados registros geofísicos de pozo de 14 calas ubicadas en este acuífero resultando que:

La resistencia eléctrica transversal y la conductancia eléctrica longitudinal (conocidos como Parámetros de Dar Zarrouk) pueden correlacionar indistintamente con la trasmisividad del acuífero. Ello dependerá de la relación existente entre la conductividad eléctrica y la conductividad hidráulica del acuífero.

Cuando en el área de estudio el producto de la conductividad hidráulica y de la conductividad eléctrica es aproximadamente constante, la relación entre resistividad eléctrica transversal y trasmisividad hidráulica del acuífero es más significativa. Cuando es el cociente entre estos parámetros el que presenta poca variabilidad la correlación más significativa se obtiene entre la conductividad eléctrica longitudinal y la trasmisividad hidráulica.

Estas relaciones permiten elevar el poder resolutivo de los métodos geofísicos en las investigaciones hidrogeológicas de acuíferos cársicos, porque contribuyen al conocimiento de la distribución espacial de los parámetros hidráulicos. Ello es esencial para optimizar programas de explotación y para definir estrategias de protección y remediación de la calidad de las aguas subterráneas, tareas éstas aún más complejas en acuíferos de origen cársico.

GEOH-21

LA SUPERVISIÓN HIDROGEOLOGICA CONTINUA ES INDISPENSABLE PARA LOGRAR POZOS DE ALTA EFICIENCIA. EN ÁLAMOS, SONORA. AGUA SUBTERRÁNEA DE CALIDAD POTABLE Y VOLUMEN SUFICIENTE. DESPUÉS DE 30 AÑOS DE EXPLORACIONES Y EXCAVACIONES FALLIDAS

Nájera Garza Jesús¹ y Ortiz Valdez José G.²
¹ Hidrogeólogo Consultor

² Centro de Bachillerato de Estudio Tecnológico Industrial y de Servicios
jng1207@hotmail.com

En el Municipio de Álamos, Estado de Sonora, se comprobó, una vez más, la INGENUE NECESIDAD de la SUPERVISIÓN HIDROGEOLOGICA CONTINUA en la perforación, para poder lograr la mayor EFICIENCIA POSIBLE en la explotación racional y sustentable, de los acuíferos regionales, en concordancia con sus PARÁMETROS HIDROGEOLOGICOS, y NO con los PARÁMETROS HIDRÁULICOS de los pozos de la región. Con esta SUPERVISIÓN, en Álamos se logró aforar hasta más de 60 lps de AGUA SUBTERRÁNEA DE CALIDAD POTABLE Y VOLUMEN SUFICIENTE PARA LA POBLACIÓN DE MÁS DE 15,000 habitantes, PARA UN PERIODO DE MÁS DE 25 AÑOS; DESPUÉS DE 30 AÑOS DE EXPLORACIONES Y EXCAVACIONES FALLIDAS.

Los pozos generalmente, presentan datos que les son ESPECÍFICOS E INDIVIDUALES, que dependen desde las operaciones iniciales de perforación, y se continúan con las secuencias de acciones complementarias de su construcción; esencialmente, la dosificación de arcillas bentónicas, para la extracción del material perforado y PRIMORDIALMENTE PARA EL CONTROL DEL AGUA SUBTERRÁNEA, SELLANDO SUS APORTACIONES PARCIALES, QUE DIFICULTAN LA PERFORACIÓN, EN PERJUICIO DE SU AVANCE; Y AÚN MÁS, MERMANDO LAS UTILIDADES DE LA EMPRESA PERFORADORA.

Es obvio y claro, que hay CONFLICTO DE INTERESES, entre el que paga para obtener agua subterránea, y el que percibe honorarios por hacer un pozo, en el menor tiempo posible y con el menor esfuerzo y costo posibles, SIN COMPROMISO POR OBTENER AGUA EN NINGUNA CANTIDAD; aduciendo, en la gran mayoría de los casos, que en ese sitio el ACUÍFERO ESTA SOBRE-EXPLOTADO, o llanamente, en ese punto NO HAY AGUA SUBTERRÁNEA (caso actual, en Zona Industrial de Guadalajara, Jalisco-Agosto, 2004), porque la "corriente subterránea va por otro lado". Razón por lo que las localizaciones de sitios para perforar, se deben de definir por reconocimiento o información publicada de alcance regional, de la estructura geológica y la evolución tectónica, COMPLEMENTADA en el sitio determinado, con evaluaciones geofísicas como con sondeos eléctricos verticales (SEVs), y/o de otro tipo, que actualmente se utilizan para estos fines.

GEOH-22 CARTEL

CARACTERIZACIÓN FRACTAL DEL SISTEMA DE CUEVAS CALICA, QUINTANA ROO, MÉXICO

Gutiérrez Martínez Elsa Cristina¹, Monterrubio Velasco Marisol¹ y Escolero Fuentes Oscar²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² Instituto de Geología, UNAM
elsacgm@yahoo.com.mx

El concepto de fractal fue introducido por Mandelbrot en 1983 para describir objetos que no varían con la escala. Los fractales son formas simples que se repiten infinitamente originando formas más complejas.

El primer estudio a base de fractales lo realizó Mandelbrot para medir la longitud de la costa de Inglaterra, con trabajos subsecuentes, los investigadores se han dado cuenta que muchos fenómenos en la naturaleza tienen un comportamiento fractal por lo cual ha sido ampliamente utilizado en recursos naturales. En el caso de aguas subterráneas se han publicado trabajos en los que se utiliza el análisis fractal para caracterizar acuíferos kársticos.

En este trabajo se analiza el sistema de cuevas Calica, ubicado al este de la península de Yucatán, en el Estado de Quintana Roo. Las entradas a este sistema son dos cenotes llamados Gran y Pequeño Cenote, con una longitud de 1246 y 1766 metros de desarrollo del sistema de cavernas respectivamente.

El objetivo de la investigación fue comprobar si el sistema de cuevas Calica tiene un comportamiento fractal y en su caso caracterizarlo. Para realizar este análisis utilizamos los mapas topográficos elaborados por un grupo de espeleobuzos los cuales fueron analizados con el software "Analysis Fractal", que se basa en el método de box counting. Se comprobó que las cuevas tienen un comportamiento fractal y se determinó la dimensión fractal de los sistemas de cavernas.

GEOH-23 CARTEL

MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DE SEDIMENTOS EN ARROYOS DE LA CUENCA HIDROLÓGICA DE SAN JOSÉ DEL CABO POR MEDIO DE UN PERMEÁMETRO DESIGNADO PARA EL USO EN EL CAMPO

Wurl Jobst, Burciaga Rendón Jesús, Araiza Verdugo Raúl Alberto, Hernández Morales Pablo y Gaytan García Jesús
UABCS
jwurl@uabcs.mx

La cuenca hidrológica más importante con respecto a la extracción de agua subterránea en la Región del Cabo es la cuenca San José del Cabo, la cual tiene una superficie de 1,278 km².

Un factor importante en el estudio del balance de agua para la cuenca hidrológica de San José del Cabo está representado por la conductividad hidráulica de los depósitos aluviales en los arroyos. En investigaciones anteriores se describieron estos sedimentos como zonas de mayor recarga en la cuenca debido a la infiltración de los escurrimientos que provienen de las sierras ubicadas en el este de la cuenca.

El propósito de este trabajo fue medir la conductividad hidráulica en los arroyos para obtener datos confiables para la modelación de la infiltración del escurrimiento superficial en los acuíferos de la cuenca hidrológica de San José del Cabo.

Se construyó un permeámetro designado para el uso en el campo especialmente para mediciones de materiales gruesos como gravas y arenas. El promedio de los valores de conductividad hidráulica obtenidos mediante pruebas con el permeámetro de carga variable realizadas en 30 sitios fue de 8.8×10^{-3} m/seg.

Se utilizaron métodos geoestadísticos para generar aproximaciones de la distribución espacial de la conductividad hidráulica en los sedimentos a la superficie de los arroyos.

GEOH-24 CARTEL

ESTUDIO ESPELEOLÓGICO EN LA ZONA NORTE DEL ESTADO DE GUERRERO Y SUS APLICACIONES EN LA PROSPECCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Bustamante García Javier, Lara Castrejón Jesús y Fitz Bravo Cesar

Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero
jaboroc@hotmail.com

El Estado de Guerrero cuenta con una diversidad de estructuras cársticas que tradicionalmente han sido exploradas por diversos tipos de personas: mineros, buscadores de tesoros, militares, turistas, investigadores y curiosos lugareños.

Una actividad nueva relacionada con la exploración de cavidades se encuentra centrada en los estudios espeleológicos para localizar sitios o zonas para abastecimiento de agua subterránea en comunidades o poblados localizadas en zonas montañosas.

El proyecto que actualmente se realiza, y del cual se presentan los avances, evalúa las condiciones geológicas y espeleológicas de una parte de la zona norte del Estado de Guerrero, entre los municipios de Taxco, Iguala, Teloloapan y Pilcaya.

En esta etapa de exploración se ha realizado el levantamiento geológico a escala 1: 50 000 de una superficie aproximada de 1000 kilómetros cuadrados, en los cuales se han determinado los diferentes tipos de rocas, su distribución y relaciones entre ellas, así como los principales sistemas de estructuras geológicas asociadas a varios sistemas cársticos y su aprovechamiento de agua.

Los trabajos geológicos, espeleológicos, la interpretación de imágenes de satélite y fotografías aéreas, han permitido definir de manera preliminar por lo menos diez sistemas cársticos a los que informalmente se les denomina como: 1) Cacahuamilpa-El Mogote 2) Las Joyas-Acuitlapan, 3) Tlamacazapa, 4) Puente Campuzano-Mexcaltepec, 5) Zapoapa-Tamazcalapa 6) Plaza de Gallos-El Zompantele, 7) San Miguel Amealco, 8) Malhuanla-Los Naranjos 9) Noxtepec-Buena Vista del Águila y 10) San Pablo.

Cada uno de estos sistemas fue definido por sus características geológicas e hidrológicas con base a la distribución espacial que presentan sus cavidades. En cada sistema propuesto se sintetizan algunos datos informativos de las cavidades que han sido identificadas hasta este momento.

A la fecha se continúa con la exploración geológica y espeleológica de otras zonas de interés; así mismo se realizan trabajos en cada uno de los sistemas propuestos para identificar otras cavidades y proponer a futuro el funcionamiento geohidrológico individual y regional.

Los resultados de la investigación permitirán a futuro tener un panorama de la localización, distribución, uso, conservación y legislación de estos sitios como recurso natural, para posibles proyectos productivos para la exploración y explotación de aguas subterráneas y, de su aprovechamiento con fines turísticos, deportivos y de investigación.

GEOH-25 CARTEL

APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA DE LA COMUNIDAD EUROPEA EN EL ESTADO FEDERAL DE THURINGIA/ALEMANIA

Giese Steffen¹, Moncayo Gamez Gloria², Frausto Martinez Oscar³ y Wurl Jobst⁴

¹ Thuringia, Alemania

² Universidad Friedrich Schiller, Jena, Alemania

³ Unidad Academica Cozumel, Universidad de Quintana Roo

⁴ UABCS

steffen.giese@web.de

En el año 2003 entró en vigor la Directiva Marco del Agua de la Comunidad Europea. Tiene el objetivo de describir el estado actual del agua superficial y subterránea con la meta de mejorar la situación. El estado federal de Thuringia con su capital Erfurt se ubica en el sureste de Alemania. Tiene una superficie de 16,200 km² y 2.6 millones de habitantes. La morfología es de carácter montañoso con una cuenca en el centro y montañas elevadas hasta 900 m s.n.m. en el sur. Por la red del drenaje se formaron grandes valles en la dirección del flujo del sur al norte con los ríos Werra, Salle y Elster. La precipitación depende de la morfología con 1000 hasta 1200 mm/a en los altos de las montañas, 700 hasta 800 mm/a en las zonas montañosas bajas y 500 hasta 600 mm/a en la cuenca. Las rocas se constituyen en las montañas de esquistos, granitos y grauwacas de la edad paleozoica, en la cuenca de calizas y areniscas de la edad mesozoica y en los valles de arenas de tamaños variables de la edad neozoica. Con respecto a la geología y a las condiciones hidrológicas existen 150 pozos de observación aptos para el muestreo con la meta de estudiar las tendencias de evolución hidroquímica de componentes orgánicos e inorgánicos en los diferentes acuíferos. Se presta especial atención a las escalas temporales características de los distintos procesos naturales con el objetivo de distinguirlos de los procesos de modificación de la calidad por la actividad humana asimismo también al flujo de aguas y a la recarga y sus modificaciones por la influencia humana como natural en otros pozos de observación de los cambios del nivel estático (450 pozos). El muestreo de los pozos de la observación hidroquímica tiene una frecuencia de dos veces al año (otoño y primavera) con 40 y 99 parámetros en analizar (1500 Euros costo por pozo y año), la frecuencia del muestreo de los pozos de observación hidrodinámica consiste en 4 veces mensuales. Todos los datos tienen una entrada a un banco de datos digital con herramientas para evaluar estadísticamente las tendencias hidroquímicas e hidrodinámicas. Además está integrado un SIG en el banco de datos para presentar la ubicación de los pozos y la geología. Actualmente está en preparación la extensión de la red de monitoreo hidroquímico por 20 pozos con un costo 600,000 Euros. La situación actual en la evolución hidroquímica se mejoró en la mayor parte del estado con

respecto al impacto industrial pero todavía se anota la influencia de la agricultura aunque existen diferentes cuerpos de agua con la clasificación "at risk" (el acuífero no obtiene una buena calidad o cantidad a largo plazo) en las zonas minadas o de sitios industriales antiguos. Los niveles estáticos del agua subterránea han crecido por la disminución de la extracción de agua tanto por la industria como por el consumo humano. Se anotan ahora los cambios temporales del flujo y de la recarga.