

GEOH-01

MAPA HIDROGEOLÓGICO DIGITAL DE MÉXICO

Dirk Masuch Oesterreich

Facultad de Ciencias de la Tierra, Laboratorio de Sistemas de
Información Geográfica, UANL
E-mail: dmasuch@ccr.dsl.uanl.mx

Objetivo: Dentro del marco del proyecto "The Digital Hydrogeologic Map of México" se establecieron un sistema de información hidrogeológica de la Republica Mexicana. El núcleo de este sistema es su base de información geológico-estratigráfica y hidrogeológica. Se integraron varias fuentes de datos digitales y análogos dentro de una plataforma SIG, la cual facilita el acceso a la información y permite una rápida visualización de los importantes parámetros hidráulicos de las formaciones geológicas.

Metodología: Se utilizó el sistema ARC/INFO para la integración de datos digitales topográficos, geológicos y hidrogeológicos en formatos vectoriales, imagen, y raster. Se utilizan los datos del Digital Chart of the World como el fondo topográfico para las visualizaciones. En base del geomodelo de altimetría GTOPO30 del USGS, se han procesado un modelo de elevación hidráulicamente corregido. Este modelo sirvió como base para la delineación de las mayores cuencas hidrológicas y de la red de escurrimientos superficiales. La información geológica fue digitalizada de la Carta Geológica de la Republica Mexicana del Instituto Geológico de la UNAM. Se hizo una clasificación de las formaciones geológicas según su conductividad hidráulica y su transmisividad. Los parámetros hidráulicos son las informaciones principales a presentar en el mapa hidrogeológico. La documentación de las varias capas digitales esta escrita en el formato html, lo cual permite el acceso a los metadatos tanto a través de redes internas como a través del internet.

Resultados: El mapa hidrogeológico digital está estructurado en un archivo de proyecto para el sistema Arcview 3.2, el cual contiene varias visualizaciones temáticamente ordenadas. El project file incluye los mapas ya diseñados y preparados para la impresión. El sistema digital «Carta Hidrogeológica de México» está integrado en un disco compacto, el cual esta preparado para el acceso directo desde el CD a través del sistema Arcview 3.2 o más reciente.

Agradecimientos: El proyecto cuenta con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), del Programa de Apoyo a la Investigación Científica (PAICyT) de la Universidad Autónoma de Nuevo León, y del Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD).

GEOH-02

ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA:
EN CHIHUAHUA, CHIHUAHUA, MÉXICO

Ignacio A. Reyes Cortés¹, Philip C. Goodell², Adolfo Chávez
Rodríguez¹ y Ramón Grajeda Carrera¹

¹ Facultad de Ingeniería, UACH

E-mail: ireyes@uach.mx

² University of Texas at El Paso

Para la captación de agua de lluvia por los acuíferos a través de procesos naturales son necesarias tres condiciones indispensables: a.- Que haya precipitación suficiente en el área para humedecer el suelo y evitar la evaporación, b.- Que la superficie sea suficientemente horizontal para que se alcance a acumular el agua y c.- Que haya las condiciones necesarias de porosidad y permeabilidad para la infiltración.

La primera condición esta limitada por el clima de cada región que tiene grandes variaciones estacionales y de periodos más largos. Localmente también existen variaciones climáticas influenciadas por factores geográfico-geológicos que pueden hacer que una parte de la cuenca tenga condiciones favorables y otra parte de la misma cuenca tenga condiciones muy adversas. La segunda condición para la captación de agua de lluvia depende de factores circunstanciales físico-geográficos y geomorfológicos hasta los climáticos estocásticos. La tercera condición para la captura del agua se relaciona con el suelo y su capacidad de absorber el agua en el menor tiempo posible. Para que se cumpla esta condición es necesaria que la superficie presente ciertas características sedimentológicas y petrográficas.

Otros trabajos han establecido que el clima determina la distribución de agua en el ambiente, las condiciones circunstanciales que lo controlan son por ejemplo la cubierta vegetal. La pendiente, la composición y la permeabilidad del suelo determinan que cantidad de agua de lluvia es susceptible de infiltrarse para quedar atrapada por el subsuelo. Todos los valores de los índices y parámetros que utilizamos actualmente para determinar esos factores de permeabilidad, de transmisibilidad o de infiltración, etc., son tomados directamente de la literatura, rara vez se miden o estiman para las condiciones que imperan en las áreas de estudio, en ocasiones los valores que se usan llegan a ser totalmente inapropiados.

Con esta información se muestra la necesidad de que se hagan las mediciones y estándares directamente del suelo localizados en lugares cercanos. También se muestra la necesidad de que exista un equilibrio entre los volúmenes de extracción y los volúmenes de infiltración que se deben calcular con parámetros medidos. Cualquier volumen de agua extraído del subsuelo es desminuido del volumen de agua que sale o estaba saliendo por los manantiales, esto significa que se mantiene un estado de equilibrio natural en el volumen total de agua subterránea. Es decir que si no se extrae agua del acuífero

y existen los manantiales significa que el acuífero está en equilibrio. Cualquier cantidad de agua de lluvia que sea infiltrada o captada por el suelo será liberada de inmediato a través de los manantiales. Esto se debe a que el sistema hidráulico del acuífero está en equilibrio natural, y para que pueda llegar captarse algún volumen de agua en el acuífero es necesario que el acuífero tenga una deficiencia, es decir que el nivel freático esté por debajo del nivel en equilibrio natural.

El máximo volumen de agua de lluvia que se puede captar será solo una parte del total de la precipitación. Ese volumen susceptible de infiltrarse sólo podrá captarse en el acuífero si existe capacidad de almacenamiento del acuífero es decir, es el volumen del que podemos disponer sin alterar el equilibrio natural. Sin embargo, se hace necesario que existan además otras condiciones físicas y geográficas como la granulometría y las pendientes de la superficie como se mencionó antes. El volumen disponible de agua de lluvia susceptible de infiltrarse será el mismo volumen susceptible de extraerse del acuífero.

Las regiones áridas en general se consideran como áreas de escasa captación de agua de lluvia, pero en realidad presentan las mejores condiciones para la infiltración de agua de lluvia. Las características que la definen como mejores son las siguientes: Primero es que el suelo está totalmente seco y si es arcilloso, la humedad queda atrapada de inmediato por la succión y absorción de las arcillas, o si es limo-arenoso, entonces la humedad puede hundirse a mayores profundidades. Captando realmente el agua de lluvia. Segundo, las precipitaciones se dan de manera torrencial, es decir el agua humedece el suelo y permite que haya un excedente a la evaporación potencial, permitiendo la infiltración de una cantidad significativa. Tercero, normalmente los niveles freáticos se encuentran a una profundidad suficiente como para dejar espacio para ser capturada la mayor parte del agua que llega a infiltrarse. Tomando en consideración que los niveles freáticos se encuentran a mayores profundidades para permitir la evaporación a través del efecto de la capilaridad. Y cuarto, la infiltración en estas áreas siempre se encuentra en equilibrio, es decir que a pesar de que existe una gran infiltración en el periodo de lluvia, la evaporación por capilaridad es grande, especialmente en los alrededores de los manantiales, también denominados como oasis.

Chihuahua, Chihuahua, México.

Actualmente existe una gran necesidad de abastecimiento de agua potable para la Ciudad de Chihuahua, y ahora más que nunca por las distancias que implican las fuentes de abastecimiento, se hace indispensable tomar en consideración todas las fuentes alternativas disponibles que se puedan ser exploradas, antes de decidirse por alguna en especial o tomar medidas apresuradas en circunstancias no favorables, especialmente si se trata de la ejecución de proyectos únicos que involucran toda la región. La Ciudad de Chihuahua se está abasteciendo de tres fuentes principales externas al área de la ciudad; los Ojos del Chubasco, de Tabalaopa-Aldama y de Sacramento. El volumen de agua que importa es significativo,

sin embargo, no logra satisfacer por completo las necesidades de agua. Ya se requiere de nuevas fuentes porque las necesidades están creciendo constantemente, inclusive en este mismo momento se deberían estar tomando medidas para que la escasez actual no se convierta en un problema social, en un futuro inmediato. La medida tomada por el gobierno estatal de realizar un estudio de factibilidad para llevar el agua de la Presa del Granero a la Ciudad de Chihuahua, da a entender que las medidas se están tomando apresuradamente y sin una verdadera evaluación de todas las posibles fuentes alternas para el abastecimiento de esa necesidad.

La Ciudad de Chihuahua está viviendo una sequía prolongada, misma que ha permitido iniciar la prospección de nuevas fuentes alternativas para el abastecimiento de agua. Sin embargo, se considera en este trabajo que no se incluyeron todas las fuentes alternativas posibles, inclusive se piensa que se deberían reevaluar las cuencas que actualmente se están explotando, ya que la extracción se concentra en áreas relativamente restringidas, como lo muestra la figura anexa. Es necesario estar seguro de que el problema que se tiene con los acuíferos actuales sea de la administración del recurso hídrico (extracción intensivamente e indiscriminada concentrada, mientras que el resto del acuífero apenas si se toca).

Se muestran los acuíferos susceptibles de ser explotados para satisfacer las necesidades de agua de la Ciudad de Chihuahua y que se encuentran dentro de un radio de 100 km. Se tomó esta distancia porque la Presa del Granero está a una distancia en línea recta mayor a los 100 km.

La Tabla que se muestra señala los acuíferos que se pueden identificar dentro de este perímetro, y que además contiene sus características distintivas. A partir de estas características se puede hacer una interpretación preliminar sobre el potencial hídrico subterráneo de cada una de las cuencas. El potencial de cada una de las cuencas está definido por la infiltración potencial que se pueda tener en la cuenca y al mismo tiempo la capacidad que tenga el acuífero en el momento de la precipitación.

El mecanismo del modelo del acuífero en equilibrio indica que el volumen de agua que se infiltra en un área del acuífero es exactamente el mismo volumen de agua que brota o sale de los alumbamientos naturales, es decir no existe la captación o almacenamiento del agua infiltrada. El acuífero en este caso está lleno. Pero si le extraemos el volumen que se estima es susceptible de infiltrarse, entonces tendremos periódicamente esa cantidad de agua disponible y renovable estacionalmente. Volumen que podremos estar usando independientemente de la presencia de periodos de sequía prolongados, ya que durante los cortos periodos de humedad se podrán recuperar los acuíferos. Es importante establecer que los pozos de extracción deberán estar estratégicamente distribuidos para impedir que se formen conos de abatimiento agudo, como ocurre actualmente dentro del área metropolitana de la Ciudad de Chihuahua y que es debido precisamente por la concentración de los pozos de extracción en áreas restringidas de la cuenca.

También es necesario considerar el impacto social y ecológico que ocasiona la perforación de baterías de pozos en áreas rurales, aún cuando sean para el abastecimiento de la ciudad. Por ejemplo en ocasiones se diseña la perforación de pozos profundos en áreas donde la población rural tiene construidas sus norias. Al operar la batería de pozos, se forman los conos de abatimiento. Algunas veces los dichos conos de abatimiento abarcan a las norias, dejándolas secas y con ellos las parcelas que regaban. Los habitantes rurales quedan desprotegidos laboralmente, de manera que provoca la migración a la ciudad.

En conclusión es necesario la generación de modelos geohidrológicos que definan y determinen los límites de los acuíferos así como las áreas de recarga correspondientes; la generación de modelos hidrogeoquímicos para determinar la calidad del agua y su vulnerabilidad a los contaminantes potenciales naturales y artificiales; también es importante la generación de modelos de flujo para predecir con base a su uso, el comportamiento de los acuíferos en el futuro y poder tomar las medidas correctivas necesarias y hacer la gestión adecuada para cada uno de los acuíferos mencionados. También se concluye de las características de los acuíferos considerados, que además de generar el abatimiento del nivel freático de manera artificial también es necesario ayudar a la infiltración natural permitiendo de manera inducida la infiltración del agua de lluvia a través de la construcción de diversas obras como son las trincheras, los gaviones, los bordos, etc.

GEOH-03

REALIZACIÓN DE UN MODELO HIDROGEOLOGICO

Adrián Flores Orozco y Rodrigo Vilchis Franco
Carrera de Ingeniería Geofísica, Facultad de Ingeniería, UNAM
E-mail: ariaspaz@servidor.unam.mx

Los modelos matemáticos se utilizan ampliamente para analizar y evaluar los sistemas acuíferos y para predecir su respuesta ante estímulos tales como el flujo subterráneo y descenso del nivel freático causados por la extracción de pozos de bombeo.

En busca de ayudar a la toma de decisiones técnicas, políticas y económicas acorde a la situación del acuífero, es necesario contar con modelos confiables y lo mejor apegados a la realidad física, que logren describir las condiciones del acuífero o representarlo de manera confiable y hacer las predicciones pertinentes.

Este trabajo analiza la construcción de un modelo de simulación hidrodinámica que se efectúa con ayuda del programa Visual ModFlow, en donde destacan como elementos principales: el desarrollo de un modelo conceptual del funcionamiento hidrogeológico, el diseño del modelo numérico, la calibración, las pruebas de desempeño (verificación) del mismo, y las simulaciones predictivas.

GEOH-04

INTERPRETACION DEL ESCURRIMIENTO PROVOCADO POR EL HURACÁN JULIETA EN LA ZONA SUR DE LA PENINSULA BAJA CALIFORNIA

Jobst Wurl y José C. Arce O.
Universidad Autónoma de Baja California Sur
E-mail: jwurl@uabcs.mx

Esta investigación fue iniciada aprovechando la situación hidráulica excepcional ocurrida después del huracán Julieta (21 septiembre-1 octubre 2001), la cual nos permitió investigar el almacenamiento de los acuíferos de 11 cuencas alrededor de la sierra La Laguna, una cadena montañosa en dirección norte-sur con elevaciones hasta los 2,100 m s.n.m. Normalmente, debido al clima semiárido de la región, el escurrimiento en dichas cuencas es observado solo pocos días al año. Por lo que esto se han instalado estaciones hidrológicas en 11 arroyos localizados a lo largo de las rutas federales, que permiten la medición directa del escurrimiento. Los objetivos que se pretenden alcanzar son los siguientes:

- Conocer la cantidad del agua que se recargó (base flow).
- Conocer el funcionamiento de los acuíferos para almacenar el agua.
- Analizar la calidad del agua superficial y su variación con el escurrimiento.
- Calcular el balance hidrológico para cada cuenca y obtener el promedio regional.
- Verificar los resultados en comparación con investigaciones anteriores.

Las primeras mediciones fueron realizadas un mes después del paso del huracán a causa de los daños provocados por el mismo y por la gran cantidad de agua escurriendo. Durante el huracán Julieta se precipitó un promedio de 580 mm en el área del estudio. En las 11 estaciones hidrométricas se observó un flujo base (base flow) un mes después del huracán. Lo anterior indica la cantidad del agua precipitada que se infiltró en los acuíferos de la sierra La Laguna y posteriormente escurrió en los arroyos. En las cuencas hidrológicas, con un total de 1900 km² de superficie, se ha observado un flujo base que representa 4,9 % del volumen total de la precipitación. El coeficiente α según Maillet, que significa la capacidad de los acuíferos para almacenar el agua, varía entre 0.011 y 0.088. Se han observado escurrimientos provocados por el huracán hasta seis meses después de ocurrido.

Los escurrimientos observados al término del huracán Julieta, sirven para entender mejor los efectos de huracanes dentro del balance hídrico y son muy valiosos para calibrar un futuro modelo matemático de las cuencas del sur de la península de Baja California. Con un método relativamente básico fue posible medir el escurrimiento con cierta exactitud

y extrapolar el total del flujo base. Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los reportados por otros investigadores con datos obtenidos durante el huracán Paúl en 1982. Para la mayoría del agua precipitada durante el huracán, no se conoce la relación entre la cantidad almacenada en los suelos y la consumida después por evapotranspiración así como la cantidad que se infiltró y escurrió como un flujo subterráneo bajo la superficie de las estaciones. Es necesario instalar pozos de observación cerca de las 11 estaciones y continuar el registro del flujo subterráneo en los próximos años para obtener un balance hídrico completo.

GEOH-05

LA CALIDAD DEL AGUA PLUVIAL EN CD. JUÁREZ, CHIH., MÉXICO

Renata del Carmen Castro Ruíz¹, Thomas Kretzschmar²,
Angelina Domínguez Chicas¹ y Francisco Núñez Sanchez³

¹ Universidad Autónoma de Cd. Juárez

² Depto. de Geología, CICESE

E-mail: tkretzsc@sismo.cicese.mx

³ Instituto Municipal de Planeación e Investigación de Cd. Juárez

La calidad del agua que entra al drenaje pluvial, incluye por una parte a la precipitación natural, y por otra a la sumatoria de contaminantes presentes en diversas escorrentías generadas por tormentas en regiones urbanas: escorrentías de techos, terrenos naturales y pavimentados, con características intrínsecas a la actividad humana (residencial, comercial, agrícola, industrial, etc.). En zonas destinadas para el desarrollo urbano de la ciudad existe la posibilidad, y es recomendable, de incluir sistemas de recarga. Previo a la construcción de tales instalaciones es necesario conocer la calidad de las escorrentías en zonas urbanas con características distintas y, en base a esto, diseñar y construir el sistema de tratamiento adecuado para realizar la recarga del acuífero de una manera eficaz y segura.

Los escurrimientos generados por las lluvias en Cd. Juárez representa una fuente alterna de recarga al acuífero del Bolsón del Hueco. Hasta el momento las escorrentías solamente están retardadas por diques ubicados en su mayoría en arroyos de la zona poniente de la ciudad, sin embargo la aportación de recarga de estas construcciones es mínima debido a diseños inadecuados y falta de mantenimiento de los diques.

El estudio tiene como objetivo determinar la calidad de las aguas pluviales de la ciudad, en base a monitoreo de cuatro eventos de lluvias en sus etapas inicial e intermedia, en tres sitios de muestreo de la ciudad: cauce natural sin influencia urbana, cauce natural con influencia urbana, y zona urbana. Basándose en los resultados obtenidos de los diferentes eventos se hace un comparativo de la calidad de las aguas pluviales de Cd. Juárez respecto a los niveles establecidos por las guías de la ANZECC (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council's) para uso de agua

pluvial como agua de riego (el fundamento es que la calidad del agua pluvial debe cumplir mínimo con los parámetros del agua subterránea).

Los parámetros analizados para determinar la calidad del agua pluvial fueron nitratos, fosfatos, grasas y aceites, TPH's y diferentes metales pesados entre otros, los cuales permitieron establecer una diferenciación entre las micro cuencas dependiendo de su grado de urbanización. Sin embargo es necesario de establecer un monitoreo permanente en los sitios seleccionados para determinar la fluctuación de los diferentes parámetros.

GEOH-06

RECARGA DE LA FM. BÁUCARIT EN ÁLAMOS, SON., MÉXICO

Jesús Nájera-Garza y Rafael Rodríguez-Torres

Depto. de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Son.,
México

E-mail: jng1207@hotmail.com

La evaluación regional de la evolución tectónica de la Sierra Madre Occidental (SMO), en conjunción con la de la Sierra de Álamos (SA), en la porción sur del Edo. de Sonora; permitieron determinar una aportación a la recarga de los acuíferos superiores de la Fm. Báucarit (Tm), de más de 60 lps, de acuerdo con aforos llevados a cabo en las obras hidráulicas ya instaladas, para abastecer de agua subterránea a la población de Álamos y futuros desarrollos suburbanos adyacentes. El reconocimiento y la verificación de campo de la información geológica disponible, más reciente (2001), correspondiente a las regiones centro-norte, noreste y oriente de Sonora, se correlacionaron con la verificación de campo local, tanto en la SMO, hasta el límite con Chihuahua; como en la SA, que aquí se considera como la prolongación, hacia el sur, del llamado "Batolito de Sonora", en las que se verificó que ambas presentan un intenso fracturamiento, por tectonismo regional y local; lo cual les imparte las capacidades de captar y transmitir un alto porcentaje del agua meteórica, y conducirla hacia los estratos con capacidades de almacenarla, de la Fm. Báucarit (Tm), de la que se seguirá surtiendo a las poblaciones, por un largo plazo de más de 25 años. El reconocimiento, aunque muy restringido en tiempo, de las unidades litológicas mesozoicas del Triásico y del Jurásico, en el flanco occidental de la SMO, fue suficientemente evaluado, para llegar a las conclusiones citadas; su extenso e intenso fracturamiento ha permitido la eficiente recarga de las formaciones acuíferas, en las regiones bajas de las sierras (SMO y SA), y en los acuíferos profundos de la planicie costera del Golfo de California. Hecho, este último que no se ha utilizado eficientemente, pues frecuentemente se presentan reportes sobre la intrusión salina, de origen marino actual, de los acuíferos someros de la región agrícola de los Valles de los Ríos Mayo y Yaqui; lo cual es muy errático, pues el uso indiscriminado e ineficiente de agroquímicos en las prácticas agrícolas, es muy probable y posible que haya salinizado a estas fuentes de agua para la

irrigación. Aquí se propone una evaluación científica, no como prácticas de jóvenes pasantes, sino con la utilización de los procedimientos más avanzados como con el empleo de ISÓTOPOS AMBIENTALES O ESTABLES, para determinar de manera contundente y efectiva, el ORIGEN de los solutos de los acuíferos someros, que están deteriorando MUY TORPEMENTE a la producción alimentaria de estos excelentes graneros del noroeste del País. Además del gran impacto económico-social, en su aspecto de los desarrollos turísticos, pues éstos requieren del agua que desde ahora, se disputan con los agricultores; al haber construido acueductos hacia Guaymas y el moderno y costoso desarrollo turístico de San Carlos, Nuevo Guaymas, Son. Este mismo tipo de construcciones se irán, quizás, efectuando en todo el litoral del Golfo de California; lo que, si no se evalúa CIENTÍFICA E INGENIERILMENTE, se convertirán en amplias zonas de contaminación y deterioro de TODOS los ecosistemas naturales y humanos, tanto tierra adentro como en las aguas marinas someras, donde se crían las larvas de casi todos los seres vivientes de estos entornos de la biodiversidad regional.

GEOH-07

PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA OBTENCIÓN DE INDICES DE VEDA: CASO CIENEGA DE CHAPALA

J.T. Silva García¹, S. Ochoa Estrada¹, R. Rodríguez C.² y F. Navarrete¹

¹ CIIDIR, IPN, Unidad Michoacán
E-mail: tsilva09@hotmail.com

² Instituto de Geofísica, UNAM

El analizar el estado actual que guarda el recurso hídrico en la Ciénega en función de la demanda de un servicio, es un factor importante para inferir las futuras tendencias de oferta-demanda de dicho recurso; en este caso, el desarrollo sustentable significa conservación del agua eliminando su uso irracional, mejorando sus rendimiento y su calidad.

Se propone una metodología encaminada a determinar estrategias de manejo y operatividad en la Ciénega de Chapala, Jurisdicción del Distrito de Riego No. 024 de la Comisión Nacional del Agua, en cuanto a la extracción del agua subterránea, a través de la definición de un Índice de Veda (IV), orientado a lograr su máximo beneficio, con criterios de sustentabilidad. El método utilizado, consistió en un análisis por cuadrantes de 4 km², de seis factores, seleccionado después de un exhaustivo análisis de circunstancias que se dan cuando se trata de otorgar autorización para un nuevo aprovechamiento, lo que permitió obtener una densidad de información detallada del ámbito de trabajo, organizada mediante un sistema de información geográfica, apoyados con el programa Arcview 3.2. Los aspectos considerados fueron: densidad de pozos, volumen de extracción, calidad química del agua subterránea, calidad química del suelo, abatimiento del nivel estático y subsidencia.

Cada factor previamente fue normalizado a una escala de 0 a 1 y una vez que todos ellos han sido asignados a un rango, éstos fueron multiplicado por un peso respectivo (P); que representa de manera numérica el grado de importancia e influencia que cada uno de ellos tiene en el ámbito de manejo del agua subterránea, siendo del 5, el de mayor índice de relevancia y de 1 como el de menor impacto.

Se encontró que un alto porcentaje (43%) de la Ciénega de Chapala, presenta condiciones muy altas de inequidad y vulnerabilidad, manifestándose por la explotación de agua de mala calidad (malos diseños de pozos), existencia de altas concentraciones de pozos en áreas pequeñas y un alto grado de sobreposición de dominios entre pozos. El IV, pretende incidir en el manejo científico del recurso hídrico, fomentando políticas y reglas sustentables de operatividad, basados principalmente en el conocimiento que se tiene del estado que guarda el acuífero.

GEOH-08

HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO COSTERO DEL VALLE DE GUAYMAS-BOCA ABIERTA, SONORA

Rodrigo González-Enríquez y Armando Gabriel Canales-Elorduy
Instituto Tecnológico de Sonora
E-mail: rglez@itson.mx

El estudio comprendió un Levantamiento de Resistividad por la técnica del Transitorio Electromagnético (TDEM), con un nivel de exploración somero para investigar los primeros 300 m, en 59 sitios de medición, que se integran en 10 perfiles, con una bobina de 100x100 m y 150x150 m. También se realizaron 9 sitios de Resistividad para investigar hasta los 1000 m, utilizando una bobina de 300x300 m.

El mapeo resistivo en los primeros 300 m, muestra en lo general una clara zonificación de las zonas de alta conductividad que corresponden con la presencia de agua de mar, y su distribución espacial hacia el continente con lo cual es posible identificar aquellas zonas que presentan una franca intrusión del agua de mar hacia el continente.

El comportamiento en perfil también indica la presencia de estructuras asociadas con diferentes tipos de rocas, que interactúan con la dinámica del acuífero superior, así tenemos que hacia la línea de costa se identifican zonas asociadas con rocas ígneas, que impiden una entrada franca del agua de mar hacia el continente, dándose este fenómeno en zonas que corresponden con materiales granulares, o rocas con un intenso fracturamiento.

Alejándonos de la línea de costa y hacia el Continente, los materiales que predominan en los primeros 100 m, son principalmente arenas, gravas, arcillas y boleas, y es a través de estos que se da el fenómeno de la intrusión salina.

La caracterización del agua de mar mediante la resistividad eléctrica, permite identificar valores menores de 6 Ohm-m, con las zonas de mayor conductividad, y siendo de menor conductividad al incrementarse la resistividad.

GEOH-09

CONTAMINATION FOR NITROGEN COMPOUNDS IN SURFACE AND GROUND WATERS OF THE YAQUI VALLEY, SONORA, MEXICO

Rodrigo González-Enríquez¹, Leticia Guadalupe Castillo-Acosta¹
y Luis Ernesto Marín-Stillman²

¹ Instituto Tecnológico de Sonora

E-mail: rglez@itson.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

The nitrogen compound in certain concentrations alters the quality and readiness of the water, and they can affect the health, the conservation of the natural resources and the economy.

In the Yaqui Valley, the contamination of the soil and water is caused by the human activities, since they generate solid waste and liquids with discharges nitrogen loads. For this reason, it is important to analyse the behaviour of these compounds.

In this study, the generation of nitrogen compound by the human activities of the valley was quantified, and its concentration was measured in surface and ground waters.

To determine the load polluting nitrogen, we carry out a balance of mass that estimated the potential contribution of the cattle, agricultural, urban and industrial sectors. To measure the concentration of these compounds we carry out a sampling of waters in 5 stations of irrigation channels, 52 deep wells of drinkable water and irrigation and 11 stations of channel collectors of wastewaters.

The results of the nitrogen balance show that the cattle sector contributes with 97.67%, the agricultural with 1.49%, the urban with 0.52% and the industrial with 0.32%.

In irrigation channels the nitrogen concentration was low (of 0.82 to 2.56 mg/l), the maxim corresponds to the Canal Alto. In the wastewaters collectors the concentration was high (of 7.74 to 452.02 mg/l), the highest was in the Collector 3. In groundwater, the concentration of nitrates was of <0.04 to 25.5 mg/l N-NO₃, the biggest was presented in the well 785, which surpasses the norm of drinkable water (10 mg/l N-NO₃). Regarding the nitrites, the range was of <0.04 to 0.12 mg/l of N-NO₂, registering the well 478 the highest concentration, which surpasses the norm of drinkable water (0.05 mg/l N-NO₂).

We conclude that the cattle sector presents bigger potential risk of contamination to be the main generator of nitrogen compounds. The water contamination in the irrigation

channels is not presented by these compounds, while the channel collectors of wastewaters present the highest contamination, mainly the Colector 3. In the groundwater, of 52 wells, alone one presents contamination for nitrates and another for nitrites.

Key words: Nitrates, Cycle of the nitrogen, Human contamination, Water Pollution, Loads pollutant.

GEOH-10

HIDROGEOFÍSICA Y BALANCE HIDROLÓGICO PARA LA MODELACIÓN MATEMÁTICA DEL ACUÍFERO DE GUAYMAS-EMPALME, SONORA

Vega Granillo Eva Lourdes, Castillo Gurrola José, Morales Montañó Mariano y Tapia Padilla Gabriela
Depto. de Geología, Universidad de Sonora
E-mail: lvega@geologia.uson.mx

La presente investigación se realizó con el apoyo del Simac-Conacyt durante los años de 2000 y 2001. Consistió en tres etapas: a) Estudios hidrogeofísicos (composición del acuífero); b) Balance hidrológico integral (entradas y salidas de agua al sistema); y c) Modelación matemática (comportamiento de niveles piezométricos y contaminación).

Los sondeos eléctricos verticales y cortes litológicos de pozos, mostraron que los sedimentos del acuífero de Guaymas-Empalme son arenas, gravas, limos y arcillas en los primeros 200 m. A profundidades mayores, se encontraron basaltos intercalados con la secuencia aluvial. El método de resistividad definió la presencia de dos frentes de intrusión salina en el Valle de Boca Abierta (parte del Valle de Guaymas-Empalme) y a lo largo de la Falla Santa Ursula. También evidenció el deterioro de la calidad del agua subterránea y suelos por la presencia excesiva de sales (Cl y Br).

La magnetometría y el análisis de gravimetría previa, mostraron que el basamento presenta un patrón estructural complejo (fosas y pilares) producto de una tectónica distensiva terciaria que dio origen a la Provincia de Sierras y Valles Paralelos.

Las características hidrológicas del sistema Guaymas-Empalme son de bajas a nulas precipitaciones y escurrimientos superficiales; entradas subterráneas de agua dulce por el norte y salada por el sur; alta evapotranspiración; y bombeo excesivo. Los balances hidrológicos elaborados para los años 1970, 1980 y 1990 fueron negativos, ya que los volúmenes de entrada de agua al sistema fueron menores que los de salida, tomándose agua del almacenamiento del acuífero.

El modelo conceptual consideró las Sierras El Bacatete (este) y Santa Ursula (oeste) como fronteras laterales impermeables al flujo, el Mar de Cortés al sur como frontera de carga hidráulica constante y al norte como frontera de carga variable. Se usó una malla de 32 columnas por 50 renglones de 1 km². La modelación matemática comprobó el abatimiento

de los niveles piezométricos hasta - 60 mbnm en la zona de Maytorena. La intrusión de agua de mar al acuífero se ubicó de 15 a 20 km continente adentro, inutilizando el agua subterránea y los suelos destinados a la agricultura.

GEOH-11

**TRANSPORTE DE SALES DE LA LAGUNA DE
EVAPORACION DEL CAMPO GEOTERMICO CERRO
PRIETO HACIA LOS SUELOS LOCALIZADOS AL SUR Y
SUROESTE DEL CAMPO**

Gerardo García Saille¹ y Jorge Ramírez Hernández²

¹ Instituto de Ciencias Agrícolas, UABC

E-mail: jramirez@iing.mxl.uabc.mx

² Instituto de Ingeniería, UABC

El valle de Mexicali, en los últimos 50 años, se caracterizado como uno de los valles agrícolas más productivos del México. El deterioro paulatino de la calidad química de los suelos, se ha atribuido de forma general a la falta de sistemas de drenaje agrícola a nivel parcelario y a la disminución del agua para riego. Aunado a estos factores en la región agrícola ubicada al Sur y Suroeste del Campo Geotérmico Cerro Prieto (CGCP) el transporte de sales desde la laguna de evaporación ha incrementado la presencia de sales en el suelo.

En el presente trabajo se simula el transporte de solutos a partir de la Laguna de evaporación del CGCP hacia los suelos localizados al Sur y Suroeste del propio campo, con base en análisis de la concentración de los principales iones. Se considera la concentración promedio de sales en la laguna como muestra origen, muestras de agua somera del acuífero, agua de riego del Canal Nuevo Delta y análisis de suelo a profundidades de 0-20, 20-50 y 50-100 cm.

La modelización se llevó a cabo suponiendo que se trata de un tubo de flujo desde la laguna hasta la zona agrícola bajo tres etapas. La primera consideró que el proceso de acumulación de sales en el primer metro del perfil del suelo se debe a los procesos de infiltración de agua de la laguna, transporte, ascenso capilar y posterior evaporación en los suelos ubicados inmediatamente al Sur de la Laguna, dentro del CGCP sin actividad agrícola. Encontrándose que durante el proceso de migración-ascenso capilar-evaporación de la solución en los suelos se presenta una acumulación progresiva de sulfato de calcio aunado a una disminución del pH.

En la segunda etapa se encontró que es posible obtener la composición química del agua del acuífero como el producto de la mezcla del agua de riego con el agua de la laguna en proporciones de 58 y 42% respectivamente.

Finalmente, la tercera etapa considera que la composición iónica del suelo es producto de la evaporación del agua del subsuelo, lo cual es posible evaporando 3.7 el agua original.

Las tres etapas son analizadas con base en la viabilidad de los modelos bajo el criterio del estado de saturación de las especies acuosas y las proporciones de mezcla considerando

como conservativo al ión cloruro. Encontrándose que es viable atribuir, como un proceso adicional de salinización del suelo, la incorporación de sales debido a la infiltración de salmuera geotérmica en la porción sur y suroeste del CGCP.

GEOH-12

**PROPIEDADES Y COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE
LOS DEPÓSITOS LACUSTRES DE LA CUENCA DE
MÉXICO**

Vargas-Cabrera C. y Ortega-Guerrero M.A.

Centro de Geociencias, UNAM

E-mail: varcarlos@hotmail.com

Los depósitos lacustres de la Cuenca de México con espesores hasta de 300 m en Chalco y Xochimilco, y de 80 m en Texcoco y México; sobreyacen a un acuífero granular y a otro fracturado en rocas volcánicas al sur de la Cuenca. Con el fin de conocer las propiedades hidráulicas en los depósitos lacustres, se realizaron cerca de 300 Pruebas de Permeabilidad a profundidades de 3 a 85 m, por el método de Hvorslev. La hidroestratigrafía define tres acuitardos con espesores medios de 20 y 30 m separados por dos acuíferos salobres a profundidades promedio de 20 m y 50 m. La conductividad hidráulica en el acuitardo somero varía de 3E-11 hasta 5E-8 m/s; mientras que en el segundo acuitardo es de 4E-11 a 5E-9 m/s, y en el tercer acuitardo el único valor obtenido es de 2.2E-11 m/s. El análisis estadístico para Pruebas de Permeabilidad duplicadas entre 1990 y 1994, muestra incrementos en la conductividad hidráulica de casi dos órdenes de magnitud en el acuitardo somero y en la base del segundo, y de menos de medio orden de magnitud en la parte intermedia. Se identificó una zona activa de flujo de agua subterránea en los primeros 10 m de profundidad en los bordes de las planicies y a más de 20 m en la parte central. Esta zona está relacionada con: altos valores e incrementos de la conductividad hidráulica, bajos valores del gradiente hidráulico y baja salinidad. Se asocia esta zona a microfracturas reportadas en estudios previos.

GEOH-13

**PROCESOS HIDROGEOQUÍMICOS EN LA ZONA NO
SATURADA EN UNA PARCELA AGRICOLA REGADA
CON AGUAS RESIDUALES EN EL VALLE DE MEXICALI**

Reyes López Jaime Alonso

Instituto de Ingeniería, UABC

E-mail: jaime@iing.mxl.uabc.mx

En este trabajo se presenta el análisis físico-químico del agua de precolación en la Zona No Saturada (ZNS) en una parcela agrícola regada con aguas residuales en el Valle de Mexicali.

Para el muestreo del agua en la ZNS se han utilizado una serie de tomamuestras con cápsulas de cerámica (lisímetros) que permiten la recuperación del agua gravífica de precolación y que nos da una idea real de las condiciones físico-químicas

a diferentes profundidades en la ZNS. Estas tomamuestras se han colocado a cada 30 cm y hasta una profundidad de 150 cm. También se han colocado una serie de piezómetros para controlar las oscilaciones del nivel freático así como para extraer muestras del acuífero superior. El nivel freático se mantuvo durante la experiencia alrededor de los 3.5 metros en promedio. Para controlar las condiciones de almacenamiento se han colocado un par de tensiómetros los cuales miden indirectamente el contenido de humedad del suelo. Estos se colocaron a 30 y 60 cm de profundidad.

A partir de la interpretación resultados de los análisis químicos realizados al agua de precolación a diferentes profundidades y tiempos se han distinguido ciertos procesos hidrogeoquímicos. Estos procesos hidrogeoquímicos son condicionados por una alta tasa de evapotranspiración (ET) con un valor estimado a partir de los cloruros superior al 70% durante toda la temporada de riego (Noviembre-abril). El agua de riego, al iniciar su precolación, en los primeros centímetros de profundidad, reacciona con el medio produciéndose procesos de disolución de minerales sulfatados y carbonatados posiblemente yeso y calcita, respectivamente. Aunque aún falta por corroborarse la presencia de esas fases minerales en el suelo. Al continuar su precolación y bajo la influencia de la ET se suceden ciertos procesos de precipitación principalmente de fases carbonatadas. Los valores obtenidos de calcio y magnesio, junto con los procesos de disolución y precipitación mencionados dan indicios de posibles procesos de intercambio entre estos dos iones.

De este modo, en cuanto a la evaluación de iones mayoritarios los procesos hidrogeoquímicos en la ZNS condicionan la cantidad y calidad de agua que arribará al acuífero superior, incrementando, en este caso, la salinidad del acuífero. Aún falta por analizar el comportamiento de los iones traza y metales pesados que son los que tienen un efecto más peligroso para el hombre.

GEOH-14

POTENCIAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN SISTEMAS DE INFILTRACIÓN EN EL SUELO

Pedro Soto¹, Alejandro Carrillo-Chávez², L.G. Wilson³, R.A. Arnold³ y M.H. Conklin³

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

E-mail: pedro.soto@cna.gob.mx

² Centro de Geociencias, UNAM

³ Department of Hydrology and Water Resources, University of Arizona

Se utilizaron dos columnas de plexiglas de un metro de longitud y 7.62 cm de diámetro interno empacadas con migajón arenoso a una densidad aparente de 1.60 g/cm³ y una porosidad de 0.4. Durante 24 semanas, cada columna recibió en su parte superior efluente primario municipal durante seis a siete días (ciclo húmedo) seguidos por un período igual en el que no se aplicó efluente alguno (ciclo seco). Las láminas de

efluente aplicadas variaron de 0.12 a 0.3 m/d, en tanto la tensiometría fue monitoreada mediante 7 cápsulas porosas de acero inoxidable colocadas a lo largo de la columna de suelo. Las condiciones aeróbicas fueron garantizadas evitando la inundación del suelo, determinándose las concentraciones de oxígeno molecular en la atmósfera de suelo por medio de 7 dispositivos a lo largo de las columnas. Para simular condiciones externas, se aplicó luz ultravioleta durante 12 horas al día en la parte superior de las columnas. El tratamiento del efluente se caracterizó en términos de turbidez, carbono orgánico disuelto (DOC), sustancias húmicas (UVA254), coliformes fecales, E. coli y virus (bacteriófagos MS-2), para ello se colectaron muestras del efluente primario aplicado y del infiltrado al cabo de un metro en la parte inferior de cada columna de suelo. Adicionalmente, se realizaron experimentos con un trazador de bromuro con los que se obtuvieron los tiempos de retención (36.5 horas a una infiltración de 0.14 m/día con contenidos de humedad de 0.22). Los resultados indican que bajo este esquema de aplicación de efluente primario municipal se obtiene, luego de un metro de tránsito en la zona no saturada, una reducción de 20.05±8.7 a 6.55±3.14 mg/l (67%) en términos de DOC, de 0.233±0.046 a 0.132±0.047 cm⁻¹ (43%) para sustancias húmicas (UVA254) y de 20.2±6.4 a 0.77±0.59 (96%) NTU en turbidez. En el efluente aplicado, las concentraciones de coliformes fecales variaron de 2.4' 10⁷ a 1.6' 10⁸ por 100 ml y disminuyeron de 4 a 4.8 órdenes de magnitud, situándose entre 2.3 a 8.0' 10³ por 100 ml. Respecto a E. coli, las concentraciones aplicadas variaron de 2.3' 10⁶ a 1.7' 10⁷ por 100 ml, siendo en la mayoría de los casos completamente eliminados durante la infiltración. Respecto a los bacteriófagos, las concentraciones en el efluente infiltrado disminuyeron de 86 a 80% respecto a las encontradas en el efluente aplicado. Por último, para estudiar el potencial denitrificante, se simuló condiciones de anaeróbicas inundando una de las columnas. En este caso se agregaron 20 mg/l de NO₃ como N al efluente aplicado durante dos ciclos húmedos consecutivos, encontrándose una reducción de la masa total aplicada entre 43 y 27%. Bajo las mismas condiciones de inundación, el NH₄⁺ fue eliminado en entre 67 y 35%, con lo que la reducción en las concentraciones de nitrógeno varió de 57 a 31%, descartando las especies nitrogenadas orgánicas y a los nitritos. Los experimentos de laboratorio demuestran que bajo este esquema de tratamiento es posible alcanzar niveles aceptables en la calidad de un efluente primario de origen municipal, pudiendo prescindirse de una planta de tratamiento a nivel secundario y del problema concomitante del desecho de lodos activados generados.

GEOH-15

LOCAL APPROACH AND THE SPLINE REGULARIZATION METHOD FOR THE NUMERICAL IDENTIFICATION OF THE CHARACTERISTICS OF THE POROUS MEDIA OF CONFINED AQUIFERS

Alexandre Grebennikov

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

E-mail: agrebe@fcfm.buap.mx

The numerical method for the identification of the characteristics of the porous media of confined aquifers is considered. Mathematical model is described by the two-dimensional parabolic equation, has the source term, and includes an initial condition so as the Dirichlet or Neumann boundary conditions. The problem under consideration is the Inverse Problem, that consists in a simultaneously reconstruction of two coefficients of differential equation. These coefficients are functions only of the space variables and characterize the properties of a media. One coefficient is included in the Laplace operator, written in the divergent form, another is the co-factor at time derivative of the solution. The measurements of the equation solution and the source term at discreet points that usually do not form a regular net, are used as the input data. We use the Local Approach and the Spline Regularization Method for the numerical solution of this class of the Inverse Problems. The constructed algorithms are justified theoretically and by the model numerical experiments.

GEOH-16

DINÁMICA HIDRÁULICA DE LOS ACUÍFEROS PROFUNDOS DEL YACIMIENTO PETROLERO DEL ACTIVO SAMARIA-SITIO GRANDE, CHIAPAS

Peter Birkle¹ y Ramón Aguilar Maruri²¹ Instituto de Investigaciones Eléctricas

E-mail: birkle@iie.org.mx

² Exploración y Producción, PEMEX

Durante el periodo de 2000 a 2001, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) realizó un proyecto de investigación para PEMEX-PEP, el cual incluyó la caracterización de la composición química e isotópica de las aguas de formación del yacimiento petrolero del Activo Samaria-Sitio Grande, localizado en la parte norte de Chiapas. Dicho proyecto tuvo como finalidad de, a) determinar el origen de los fluidos, b) verificar la influencia de aguas superficiales inyectadas en la zona productora, y c) reconstruir la dinámica de la hidráulica y comunicación entre los acuíferos profundos. Debido al aumento del porcentaje de agua en los pozos productores durante los últimos años de explotación, lo cual implica pérdidas económicas para la producción petrolera, el estudio se enfocó especialmente hacia la detección de aguas marinas y meteóricas. Dichos fluidos superficiales fueron previamente inyectados al yacimiento con el objetivo de acelerar la migración y extracción de los hidrocarburos. Se

tomaron y analizaron un total de 35 muestras de agua provenientes de los pozos productores de los campos Cactus, Níspero, Río Nuevo, Sitio Grande y Arroyo Zanapa, y como referencia, 5 muestras de aguas superficiales para determinar su composición de elementos mayores y traza, así como de isótopos estables (D, 18O, 13C, 37Cl) y radiactivos (Tritio, 14C, 36Cl, 129I). Como resultado, se determinó un periodo entre $16,550 \pm 50$ kp ($14C = 12.75 \pm 0.07$ pmc) y $37,900 \pm 480$ kp ($14C = 0.89 \pm 0.05$ pmc) para la infiltración de agua superficial al yacimiento petrolero a una profundidad entre 3500 y 4500 m. La heterogeneidad química (Sólidos disueltos totales = 15 a 257 g/l) e isotópica de las aguas de formación indica, a) la mezcla de dos tipos de agua superficial - meteórica y marina evaporada - durante y después de su infiltración, b) la existencia de acuíferos locales aislados, y c) restricciones de la migración lateral de los flujos. En general, las estructuras tectónicas del yacimiento, sean inversas o normales, representan el medio principal para la migración de los fluidos; ellas pueden funcionar en forma ambigua como barrera hidráulica y/o conducto hidráulico. Especialmente, microfracturas, dirigidas del SO/NE, representan el medio más efectivo para el movimiento de fluidos. La detección del trazador tritio, inyectado al campo Sitio Grande, da evidencia indirecta para la migración de los fluidos a nivel local, aunque los estudios isotópicos no comprobaron la llegada directa de agua superficial inyectada en los pozos productores.

GEOH-17

MODELO GEOELÉCTRICO DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE QUERÉTARO

Gabriela Vanessa Zavala Sánchez

Facultad de Ingeniería

E-mail: vanessaza@hotmail.com

Se propone un modelo geoelectrico para el área ubicada en la porción sur-oriental del Estado de Querétaro, dicha área se encuentra situada en el valle originado por el Graben de Querétaro, el cual se encuentra relleno de sedimentos aluviales y lacustres alternándose con flujos de lava andesítica y/o basáltica de espesor variable. Estos materiales están parcialmente saturados de agua y forman el acuífero del valle de Querétaro.

Para la elaboración del modelo geoelectrico se contó con la información de 79 pozos con corte litológico, cuya nomenclatura se homogeneizó; se reinterpretaron 52 sondeos eléctricos verticales mediante el programa de cómputo RESIX Plus v.2 Se estima el grado de validez del modelo propuesto mediante la resolución del problema directo utilizando el filtro digital lineal tipo Anderson. Se analizaron los cortes geoelectricos equivalentes y se eligieron aquellos que respondieran mejor a las condiciones geológicas imperantes en la zona basándose en la calibración de los modelos mediante los cortes geológicos cercanos.

Se realizaron 8 secciones geológicas geofísicas, 5 con orientación preferencial E-W y las tres restantes con orientación N - S; en una primera etapa se analizaron los perfiles eléctricos partiendo en forma inicial de la interpretación cualitativa de los perfiles de isorresistividad aparente; posteriormente, al modelo geoelectrico se le integró la información de los cortes litológicos de pozos, anexando, finalmente, la profundidad del nivel estático para diciembre de 1995.

El resultado del análisis de los cortes litológicos y de la interpretación de los sondeos, distribuidos en 8 secciones dio como resultado un modelo geoelectrico en donde se identificaron 8 unidades, el rasgo principal es una alternancia de unidades de baja resistividad, con valores del orden de 1 a 19 ohm-m, con unidades de alta resistividad, 21 a 560 ohm-m. Las capas interpretadas se caracterizan por la variación en sus espesores, pero presentan una apreciable continuidad lateral y superficial.

Las capas de baja resistividad fueron asociadas a sedimentos vulcanolacustres, tobas, arcillas, gravas y basaltos sumamente alterados, los cuales pertenecen al medio poroso; mientras que las de alta resistividad se asociaron a coladas basalto andesíticas, las cuales conforman el medio fracturado.

Mediante una herramienta cualitativa, relacionada con la sumatoria de la resistencia transversal unitaria de las capas pertenecientes al medio poroso, se proponen 12 zonas preferentes para la explotación de agua subterránea, dicha herramienta se valida mediante la comparación del mapa de resistencia transversal con un mapa de Transmisividad hidráulica obtenido mediante la información de pruebas de bombeo para nueve pozos .

Se establecen como capas índice a las unidades pertenecientes al medio poroso, las cuales conforman la capa productora del acuífero.

No se pudo determinar, mediante la información recabada, una capa impermeable que actuara como basamento del acuífero, por lo que se concluye que ésta existirá a profundidades mayores a 500 metros. Para definir dicha profundidad, se recomienda realizar una campaña de exploración electromagnética específicamente en los sitios que se marcan como más favorables para la extracción de agua subterránea.

GEOH-18

ESTRUCTURA GEOELECTRICA DEL VALLE DE ZAACHILA, OAXACA MEDIANTE IMAGING (PROGRAMA CICEM34)

Belmonte-Jiménez S.^{1,2}, Pérez-Flores M.A.³ y Campos-Enriquez J.O.²

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

E-mail: sbelmont@prodigy.net.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ CICESE

El valle de Zaachila se localiza al sur de la ciudad de Oaxaca de Juárez y es atravesado por el río Atoyac que recibe las aguas residuales de esta ciudad y zonas conurbadas. Es importante ya que de este valle se extrae agua subterránea a través de pozos tipo noria y semiprofundos (40 a 60 m), sin embargo no se conocen las características geohidrológicas ni geométricas que permitan tener elementos para el manejo del recurso hídrico.

Para estimar la estructura geoelectrica se realizaron 5 perfiles en el Valle de Zaachila usando bobinas electromagnéticas EM-34 marca Geonics, con separaciones de 10, 20 y 40 m entre transmisor y receptor y frecuencias de 600, 1600 y 6400 hz respectivamente. El número de sondeos por cada perfil es variable.

Se aplicó una inversión de datos considerando una estructura del subsuelo en 2D, desarrollada por Pérez-Flores *et al.* (2001) que consiste en "despromediar" las medidas de conductividad aparente y obtener las conductividades de un conjunto de prismas que forman un semiespacio.

Los resultados preliminares indican la resolución del procesado para definir estratos geológicos asociados con la presencia de agua subterránea así como la definición de variaciones laterales de la resistividad. Se pudo interpretar que existen cuerpos arcillosos de geometría variable que causan que existan zonas con poca transmisibilidad, intercalados con arenas y gravas, caracterizándose las zonas con o sin posibilidades desde el punto de vista geohidrológico.

GEOH-19

DETERMINACIÓN DEL RIESGO A LA CONTAMINACIÓN DEL SISTEMA ACUÍFERO GRANULAR COSTERO DE GUASAVE, SINALOA A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO

Elenes-Contreras E.¹, Norzagaray-Campos M.¹, Herrera-Barrientos J.², Muñoz-Sevilla P.¹, Ladrón de Guevara M.¹, Capurro-Filigrasso L.³

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

E-mail: mnorzaga@ipn.mx

² CICESE

³ Cinvestav, Mérida

Un ambiente hidrogeológico es considerado como la representación compuesta de rasgos geológicos, topográficos y climatológicos que afectan y controlan el movimiento del agua subterránea. Ésta forma la base del sistema de evaluación de la vulnerabilidad determinada en este trabajo. Mediante ésta es posible hacer generalizaciones sobre la contaminación potencial del agua subterránea.

Aquí se dan a conocer los resultados de la vulnerabilidad del acuífero costero del valle de Guasave mediante la metodología DRASTIC llevada a un sistema de información geográfica (DRASTIC, D=profundidad del agua, R=recarga neta, A=medio acuífero, S=tipo de suelo, T=topografía, I=impacto de zona vadosa, C=conductividad hidráulica del acuífero). Tales parámetros se representan a través de mapas con información recopilada de la literatura, georreferenciándose para ser integrado a un Sistema de Información Geográfica, (SIG).

Con los índices DRASTIC y la carga contaminante se determina el riesgo a la contaminación del acuífero, generándose mapas que dan la pauta a seguir para un modelo de desarrollo sostenible o sustentable del acuífero del Valle de Guasave Sinaloa, México.

GEOH-20

COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE INVERSIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GEOHIDROLÓGICOS EN ACUÍFEROS CONFINADOS

Vázquez González Rogelio

Departamento de Geofísica Aplicada, CICESE

E-mail: rvazquez@cicese.mx

La simulación numérica del flujo de agua subterránea se usa extensivamente para estudiar los efectos de las decisiones de manejo en la conservación de la cantidad y calidad del agua en un acuífero. La confiabilidad de las predicciones que puedan obtenerse, mediante la modelación en computadora de un acuífero, dependerá de que tan bien el modelo representa las condiciones de campo. Los simuladores del flujo requieren, en todos los casos, la información sobre las propiedades físicas del sistema geohidrológico que se pretende estudiar, tales como la

conductividad hidráulica y el coeficiente de almacenamiento. La estimación de estas propiedades es el objetivo de la solución del problema inverso en geohidrología.

En este trabajo presento la comparación de los resultados obtenidos con dos métodos de inversión en la estimación de los parámetros geohidrológicos necesarios para construir simuladores numéricos del flujo de agua subterránea. Los métodos son diferentes respecto a su base teórica y tienen el objetivo común de calcular la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento, a partir de los datos del potencial hidráulico. El primero está basado en la formulación de un sistema diferencial considerando múltiples condiciones de flujo en el acuífero. La solución del sistema diferencial se plantea como un problema de Cauchy. El otro método tiene como objetivo estimar los parámetros geohidrológicos del modelo discretizado de un acuífero confinado, cuando se utiliza un esquema conservativo en diferencias finitas. Está basado en formular la relación entre las propiedades físicas del sistema geohidrológico y su respuesta a las condiciones de operación, como un sistema de ecuaciones lineales. Este método también requiere la utilización de múltiples condiciones de flujo. Se darán brevemente los antecedentes del desarrollo de cada método de inversión y una descripción de la teoría.

Se presentan los resultados obtenidos al aplicar los métodos de inversión a un mismo conjunto de datos, correspondiente al caso sintético de un acuífero confinado en flujo transitorio. Los datos necesarios para la aplicación de los métodos se generan mediante la solución del problema directo. Las diferentes condiciones de flujo serán inducidas, mediante arreglos de pozos de bombeo. Se analiza la estabilidad de las soluciones agregando a los datos del potencial funciones de error correlacionado y no-correlacionado. La comparación del desempeño de los métodos se realiza mediante la comparación de los errores en la estimación de los parámetros. Finalmente, se analizan las ventajas y desventajas de los métodos y se presentan las conclusiones del trabajo.

GEOH-21 CARTEL

PROBLEMÁTICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR CONTAMINACIÓN SALOBRE EN EL ÁREA DE MAJOMA, MPIO. DE MAZAPIL, ZAC.

Rodney R. Alvarado-Cano¹, Marina Gaytán-Saucedo¹ y Jesús Nájera-Garza²

¹ Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado, GODEZAC
E-mail: alcan75@yahoo.com.mx

² Consultor Privado

La localidad de Majoma, Mpio. de Mazapil, Zac., se ubica hacia el norte de Zacatecas, a 155 km. de la capital del estado, dentro de la región semidesértica, donde en los últimos años se ha venido manifestando una fuerte sequía atípica, con precipitaciones pluviométricas que oscilan entre 133-234 mm³, por debajo del promedio histórico 327.6 mm³. Por lo que una de las soluciones para combatir este fenómeno natural, es la construcción de pozos profundos.

Otro problema que presenta la región, son las altas concentraciones de salinidad, por lo que se realizó un monitoreo de las principales fuentes de agua para obtener los parámetros de conductividad, los cuales, alcanzan límites que van de 1,640-7,470 $\mu\text{mhos/cm}$; por encima de la NOM-127-SSAI. Considerando que la mayoría de los pozos y norias monitoreados, no sobrepasan los 80 mts. de profundidad, se propone que esta contaminación salina, no es formacional, sino que proviene de los depósitos aluviales que se han acumulado durante el Pleistoceno y el Reciente. La concentración de sales en estos sedimentos, probablemente se origina como resultado de la rápida evaporación de los cuerpos de aguas someras, en lagos y lagunas, durante un periodo climático de elevadas temperaturas.

La región donde se encuentra la localidad de Majoma, es un gran sinclinal, entre las Sierras de Cerros del Aire y Sarteneja al SSW, y Sierra de Los Colgados al NNE, los cuales forman parte del conjunto de plegamientos laramídicos de la subprovincia de Sierras Transversas, de la Sierra Madre Oriental. Los sedimentos acumulados en este sinclinal, probablemente provienen de la erosión de las formaciones Caracol (Ksc) e Indidura (Ksi).

Se ha puesto gran interés en la problemática de la contaminación salina, ya en la región semidesértica del estado de Zacatecas, frecuentemente se atribuye este tipo de contaminación, a la presencia de evaporitas, como son sulfatos (SO^+), cloruros (Cl^-), dureza total (CaCO_3), Sodio (Na) y Potasio (K), en algunas formaciones calcáreas del Jurásico Medio; esto ha dado lugar a que se propongan zonas inadecuadas para la perforación de pozos profundos en las áreas que presentan este problema.

Aquí se propone que una solución muy viable para obtener agua de buena calidad, en la perforación de un pozo profundo, es monitorear los lodos de perforación durante la etapa exploratoria, para poder conocer los niveles de salinidad en toda su profundidad. Los resultados de conductividad que se obtengan, se deberán analizar con el corte litológico, para poder descifrar que formaciones son las que contienen los minerales salinos. La información se podrá corroborar con un registro eléctrico multiparámetros. Una vez que se tenga bien definido hasta que profundidad se localiza la contaminación, esta se deberá sellar con cemento y colocar tubería de contrapareda lisa, para evitar infiltraciones de agua contaminada al interior del pozo. Otra propuesta es llevar a cabo un tratamiento de calidad, como puede ser ósmosis inversa e intercambio iónico para asegurar su efectividad del agua.

GEOH-22 CARTEL

HIDROGEOQUÍMICA DEL ACUÍFERO DE TECAMACHALCO, PUEBLA

Eloísa Domínguez-Mariani y Alejandro Carrillo-Chávez
Centro de Geociencias, Campus Juriquilla, UNAM, Querétaro
E-mail: eloisa@geociencias.unam.mx

Se estudió la hidrogeoquímica de la Primera Unidad del Distrito de Riego de Valsequillo (PUDRV), Puebla, regada tanto con agua subterránea (AS) como con agua residual (AR). El AR procede de la Presa Valsequillo. El acuífero local está constituido por una secuencia volcanoclástica terciaria de matriz calcárea, cuyos mecanismos de flujo están controlado por la disolución y fracturamiento del medio. Los objetivos a cumplir son:

1. Identificar los procesos hidrogeoquímicos en el acuífero local.
2. Establecer el modelo conceptual hidrogeoquímico.

El AR muestra alto contenido de microorganismos, grasas y aceites y DBO, además de Fe, Cr, Mn, Cd y Pb. El agua subterránea tiene contenido iónico cuatro veces mayor, predominando Ca^{2+} y HCO_3^- , denotando la influencia del material acuífero. Se obtuvo la especiación tanto del AS como del AR, mediante PHREEQC, que muestra que el AS está saturada en aragonita, calcita, dolomita, siderita, hidróxidos de hierro e hidroxiapatito; mientras que el AR muestra saturación en aragonita, calcita, dolomita, otavita, rodocrosita, hidróxidos de hierro y manganeso.

Conclusiones:

- i. Los procesos hidrogeoquímicos dominantes son: mezcla de AR con AS, disolución y precipitación, concentraciones altas de PCO_2 , aporte de Na^+ y SO_4^{2-} y adsorción de metales.
- ii. En el área de estudio se identificaron tres zonas con comportamiento hidrogeoquímico diferente, lo que implica diferentes grados de interacción entre el AS, el AR y el acuífero local.
- iii. La Zona Norte, ubicada fuera del PUDRV regada sólo con AS, tiene composición que se considera la de fondo, recarga mediante agua infiltrada hace más de 50 años. El proceso dominante es la disolución de carbonatos. Se muestra la influencia del AR en la cercanía del Canal Principal del Distrito.
- iv. La zona oriente de la PUDRV tiene influencia del AR, mostrada por el contenido de coliformes totales, fecales y estreptococos fecales; la recarga es mediante agua de edad reciente. La zona central muestra tanto la concentración original de acuífero local como la influencia del AR. Altas concentraciones de As se tienen en la parte central, mayores en el AS que en el AR, por lo se infiere que este elemento se encuentre de manera natural en el acuífero.

v. EL SE de la PUDRV no muestra la influencia de AR, las concentraciones de iones mayores e isotópicas tienen un carácter diferente al acuífero somero local, por lo que se asocian al acuífero regional constituido por calizas.

GEOH-23 CARTEL

**ANÁLISIS DEL EQUILIBRIO HIDROLÓGICO EN EL
ESTADO DE COLIMA**

Juan José Ramírez Ruiz, Manuel Selis y Julio Barreto Caro
Observatorio Volcanológico, Universidad de Colima
E-mail: ramirez@cgic.ucol.mx

EL EQUILIBRIO HIDROLÓGICO EN EL ESTADO DE COLIMA SE PRESENTA CUANTIFICANDO LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO ESTATAL OBTENIDA PARA EL AÑO 2001. EL BALANCE HÍDRICO ESTABLECE QUE EN COLIMA SE TIENE UNA BUENA DISPONIBILIDAD DE AGUA QUE DEBE SER CONTROLADA POR UN SISTEMA DE MONITOREO DE NIVELES FREÁTICOS. LA PERMEABILIDAD DE LAS ROCAS ESTABLECE QUE EL BALANCE HIDROLÓGICO EN EL ESTADO DEPENDE DE LAS PRECIPITACIONES EN LA REGIÓN NORTE DONDE SE LOCALIZA EL COMPLEJO VOLCÁNICO DE COLIMA.