

Sesión Regular

Geohidrología

Organizadores:

José Alfredo Ramos Leal
Jaime Carrera Hernández

GEOH-1

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL GEOHIDROLÓGICO MEDIANTE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA EN LA ZONA SERRANA DE VICENTE GUERRERO, BAJA CALIFORNIA.

Fuentes Mario¹, Vázquez González Rogelio¹, López Loera Héctor², Martínez Julio³, Belmonte Valdemar¹ y Díaz Alejandro¹
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
³Universidad de Guanajuato, UG
 mfuentes@cicese.edu.mx

Uno de los problemas más importantes que debe ser resuelto para asegurar el desarrollo de una comunidad, es el abastecimiento de agua potable para enfrentar la creciente demanda del recurso para distintas actividades domésticas y económicas. En zonas costeras con intensa actividad agrícola, como es el caso de algunos valles de Baja California, el desarrollo ha sido posible mediante el aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo, lo que ha propiciado sobreexplotación, observándose manifestaciones de intrusión salina en pozos cercanos a la costa y el abatimiento en el acuífero presente en la zona. En particular estas condiciones han llevado a la necesidad de evaluar el potencial geohidrológico de sitios no convencionales como lo es una porción de aproximadamente de 66 km² en la zona serrana de Vicente Guerrero, B.C., localizada 160 km al sur de la ciudad de Ensenada. Con el objetivo de determinar el sitio que reúna las mejores condiciones para la perforación de pozos de aprovechamiento, se contempló una serie de actividades de prospección geofísica, aplicando los métodos de: Interpretación de anomalía residual aeromagnética adquirida por el SGM y proporcionada por IPICYT, estudios de resistividad eléctrica y magnetometría terrestre. Integrando primeramente información geológica y la anomalía residual con el fin de identificar zonas de contraste y fuertes gradientes de intensidad de campo magnético, y que pudieran estar asociados a fallas, contactos e intrusiones. Identificados los sitios de interés, se procedió a realizar sondeos eléctricos verticales con apertura AB = 500 metros en dichos sitios, dado que la conductividad eléctrica de las rocas depende del contenido de fluidos, la conductividad de los mismos y el grado de interconexión de espacios porosos; condiciones que definen el potencial geohidrológico del subsuelo. Descartados los sitios con mínimo potencial geohidrológico, se realizó un conjunto de perfiles de magnetometría terrestre de 500 metros de extensión con estaciones de medición a cada 10 metros, complementados con sondeos eléctricos verticales a detalle; una vez realizadas estas actividades y producto de la interpretación e integración de resultados, se define el sitio con mayor potencial geohidrológico en donde se propondrá la perforación de un pozo de aprovechamiento de agua subterránea en la zona de estudio.

GEOH-2

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA-HIDROGEOLOGICA DEL ACUÍFERO KÁRSTICO EN LA ZONA DE OCOZOCOAUTLA, CHIAPAS.

Ramírez Lagunas Marianna¹, Arias Paz Alberto¹, Arango Galván Claudia², Salinas Calleros Gabriel¹, Arcos Hernández José Luis¹ y Santillán Piña Noé¹
¹Facultad de Ingeniería, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
 annairam.rl@gmail.com

El acuífero Ocozocoautla, localizado en la región Hidrológica denominada Grijalva-Usumacinta, se ubica al noroeste del estado de Chiapas, limita al norte con el estado de Veracruz y el acuífero Reforma, al este con el acuífero Tuxtla, al sureste con el acuífero Fraylesca y al oeste con el acuífero Cintalapa. La unidad hidrogeológica abarca una superficie aproximada de 2,221 km². La litología predominante de la zona de estudio son rocas carbonatadas, altamente permeables que se encuentran limitadas al norte, este y sur por elevaciones topográficas y hacia el occidente por el río La Venta, el cual forma un acantilado de varias decenas de metros. La principal recarga del acuífero es originada principalmente por la infiltración de lluvia y del escurrimiento superficial. El uso de agua subterránea en el acuífero Ocozocoautla es principalmente público urbano, aunque también se considera para uso agrícola. El municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, es una cabecera municipal cuyo número de habitantes se encuentra en constante crecimiento, por tal motivo, sus necesidades de suministro de agua han aumentado, haciendo necesaria la existencia de nuevos pozos de abastecimiento que satisfagan las necesidades de su población. Con el objetivo de proponer sitios para la perforación de pozos, se realizó un estudio de prospección geofísica, aplicando el método electromagnético en el dominio del tiempo (TEM), que constituyó de veinte sondeos distribuidos en las cercanías del municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. Los resultados de los sondeos nos servirán para conocer la respuesta eléctrica de los materiales en el subsuelo y ubicar las unidades hidrogeológicas que se encuentran en la zona de estudio. A los resultados de los sondeos electromagnéticos se integra la información geológica e hidrogeológica para tener una mejor comprensión del funcionamiento del acuífero y de esa manera poder identificar las zonas con alto potencial para la perforación de pozos de abastecimiento de agua para la población de la cabecera municipal Ocozocoautla de Espinosa.

GEOH-3

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA PARA LA PROSPECCIÓN HIDROGEOLOGICA DEL SISTEMA POOL TUNICH, SOLIDARIDAD, QUINTANA ROO, MÉXICO

López Tamayo Alejandro¹, Leal Bautista Rosa María¹, Marín Stillman Luis Ernesto², Carpenter Phillip J.³ y Rebolledo Vieyra Mario¹
¹Centro de Investigación Científica de Yucatán, Unidad de Ciencias del Agua
²Instituto de Geofísica, UNAM
³Northern Illinois University, Department of Geology and Environmental Geosciences
 alex_tamayo16@hotmail.com

La Península de Yucatán es una plataforma calcárea emergida del fondo del mar hace millones de años. La costa Este de la Península de Yucatán contiene uno de los sistemas kársticos más desarrollados del mundo, lo cual incluye cuevas, cavernas y dolinas lo cual confiere una conductividad hidráulica del acuífero caracterizado por una triple porosidad: matriz, fracturas y grandes conductos de disolución. Diversos estudios señalan que existe un delgado lente de agua dulce flotando sobre agua salina. Las investigaciones dirigidas al entendimiento de los procesos hidrológicos en acuíferos costeros son motivadas por la necesidad de mejorar el uso del recurso agua en estos ambientes. Mientras las áreas son urbanizadas, la extracción del agua subterránea aumenta y el agua salina va desplazándose de manera subterránea tierra adentro disminuyendo el volumen del agua dulce del acuífero. En este proyecto se determinó el espesor del lente de agua dulce (agua subterránea) disponible en el Sistema Pool Tunich que se encuentra en el municipio de Solidaridad, Quintana Roo cerca de la zona urbana de Playa del Carmen. El área de estudio abarca 54Km², geológicamente formado por calizas y depósitos de litoral. Se realizaron 30 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) con una configuración lineal simétrica tipo Schlumberger, desde la costa hasta 9.5Km tierra adentro, realizando tres transectos, dos perpendiculares a la costa y uno paralelo. La resistividad teórica obtenida para el agua dulce (nivel freático) fue de 100 Ohm m y para la interfase salina de 10 Ohm m. Mediante los programas RESIXP e IPI2WIN, se realizó una comparación de los SEV y contrario a lo esperado donde tanto el nivel freático como la interfase salina pudieran ser detectados en un mismo SEV, como una continuidad, se observó que en los SEV en los que se detecta la profundidad del nivel freático no se aprecia la interfase salina y en los que se detecta la interfase salina no se aprecia el nivel freático, lo que se sugiere la variación de estos niveles se da por la heterogeneidad del subsuelo (los conductos de disolución y fracturas) y a la capa superficial en donde se realizaba cada sondeo. El nivel freático variaba de los 10m a los 15m y la interfase salina de los 15m a los 32m de profundidad dependiendo de la lejanía del SEV a la costa. La capa superficial donde se colocan los electrodos influirá en los resultados de la profundidad del nivel freático y la interfase salina debido a la refracción que se genera si la capa superficial es altamente resistiva. Con estos resultados se puede apreciar la heterogeneidad que presentan los sistemas kársticos ya que entre sondeos contiguos se tienen variaciones significativas que afectan la determinación del espesor del lente de agua dulce del sistema. De acuerdo a estos resultados el espesor del lente de agua dulce es de 8 m cerca de la costa y 20m en el punto más lejano (9.5Km).

GEOH-4

SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA RESTAURACIÓN POR INUNDACIÓN DE UNA MINA DE CARBÓN A CIELO ABIERTO EN LA CORUÑA (ESPAÑA).

Hernández Anguiano Jesús Horacio¹, Padilla Benítez Francisco², Juncosa Rivera Ricardo² y Fernández García Álvaro³
¹Universidad de Guanajuato, UG
²Universidad de La Coruña
³Lignitos de Meirama S.A.
 horacio.hernandez@ugto.mx

Este trabajo de investigación ha permitido el desarrollo y la puesta a punto del modelo numérico de bases físicas MELEF (Modèle d'ÉLÉments Finis en Francés), por el método de los elementos finitos, para simular el flujo subterráneo y superficial de forma integrada a escala de cuencas hidrogeológicas. Herramienta con la que ha sido posible definir las estrategias, así como la evolución presente y futura, de la inundación controlada de la mina de carbón a cielo abierto en el Valle de Meirama. La sub-cuenca sedimentaria de Meirama de 33 km² se localiza a 20 Km al norte de La Coruña (España). El escurrimiento de agua superficial de esta sub-cuenca llega hasta el Embalse de Cecebre, principal fuente de abastecimiento de agua potable de la región. El clima es típico del atlántico, la precipitación media anual es cercana a los 1300 mm y la evapotranspiración entre 600-800 mm. El área presenta una geología compleja, al norte granodioritas con diferente grado de fracturación y alteración, y al sur esquistos de la Serie de Ordenes. En el Valle terciario de Meirama, formado por un proceso tipo Pull-Apart debido a una falla regional que lo cruza en dirección NO - SE, se localiza el hueco minero con una superficie de 186 ha, con una profundidad máxima de 200 m y una capacidad para 146 Mm³ de agua. El Plan de Restauración Medioambiental de la mina contempla, entre otras acciones, la inundación controlada del hueco para formar el Lago de Meirama. Era imperante entonces conocer cuánto tiempo tardaría en llenar el hueco bajo distintos escenarios de gestión y cómo se vería afectado el régimen de escurrimiento superficial que llegaría al Embalse de Cecebre. A partir de Marzo de 2008 dio inicio el llenado con agua subterránea y escurrimientos superficiales provenientes de la propia

sub-cuenca. El Modelo Discreto (22,014 Nodos y 43,618 Elementos), gestionado con una plataforma SIG, implementa información de piezómetros, caudales históricos extraídos en 20 pozos de bombeo, mediciones puntuales del caudal superficial en ríos, los niveles de inundación del hueco, la geología promediada verticalmente y las variables climáticas. El modelo, adaptado y calibrado para un periodo de 3.5 años (2006-2009) con registros históricos de información hidrológica, reproduce la evolución de la inundación hasta el presente de forma bastante aceptable. Además, los resultados reproducen la evolución más probable del llenado hasta alcanzar los 200 m de profundidad, ello según la disponibilidad de los recursos hídricos en función de los usos del agua y de la variabilidad climática.

GEOH-5

MODELO HIDROGEOQUÍMICO DE ARROYOS SAN CARLOS-SAN ANTONIO, CHIHUAHUA, MÉXICO

Magallanes-Miranda Brenda, García-Olveda Alejandra, Reyes-Cortés Ignacio Alfonso, Oviedo-García Angélica y Contreras-Caraveo Manuel
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
miranda-brenda@hotmail.com

El Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena (APFF), es un área representativa de la zona árida del estado de Chihuahua. El APFF comprende aproximadamente un 2% de la zona desértica del estado y se considera que incluye entre el 85 y 93% de las especies de flora y fauna representativas del Desierto Chihuahuense respectivamente (Cotera et al. 2004). Dentro de esta área se encuentran los municipios de Ojinaga y Manuel Benavides, destacándose principalmente los arroyos de San Carlos y San Antonio debido a su flujo casi continuo, el cual contribuye ampliamente a la conservación de flora y fauna riparia del lugar, y es afluente del Big-Beng Rio Bravo (BBRB). Algunos géneros de peces nativos de estos dos arroyos están en peligro de desaparecer debido a la presencia de especies exóticas introducidas como el *Fundulus zebirinus* (CONANP, 2013). Entre los factores que permiten el predominio de esta especie invasora en los arroyos mencionados se considera la cercanía de posibles fuentes de alteración al equilibrio químico del agua. Por ejemplo, los jales de las antiguas minas, los flujos de retorno de las actividades agropecuarias y las aguas residuales de las poblaciones que se vierten directamente al cauce. Se ubicaron 15 puntos estratégicos y representativos para la toma de datos y de muestras a lo largo de ambos arroyos. En 11 de ellos se obtuvo información del flujo y del cauce. Parámetros del agua como color, conductividad eléctrica (CE), temperatura del agua, así como velocidad, ancho y profundidad del flujo, litología del cauce, entre otros. Posteriormente se obtuvo información química a través de ensayos de laboratorio, donde se obtuvieron las concentraciones de aniones y cationes mayores, metales pesados, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5). El modelo hidrogeoquímico conceptual para estos arroyos se hace a partir de los resultados. La manipulación de los datos se hace utilizando el software Phreeq C (U.S.GS). Proporcionando en el agua un estado de desequilibrio químico se encontraron los siguientes datos: el contenido de mercurio (Hg) encontrado en la muestra con coordenadas 29°07'06" N 103°47'32" O causado por el paso vehicular que transita justo encima del arroyo San Carlos; mientras que los carbonatos (CO₃) van disminuyendo en el flujo del arroyo hasta casi desaparecer, los contenidos de sodio (Na) y cloruros (Cl) va en aumento según su cercanía al desembocamiento BBRB, los bicarbonatos (HCO₃) permanecen variables. Algunos sitios presentan valores de conductividad eléctrica (CE) elevados (mayores de 1300 $\mu\text{S/cm}$) sobrepasando los rangos normales, lo que pudiera ocasionar estrés o incluso la muerte de algunas especies acuáticas (WASC, 2002). Las condiciones de aridez y escasa disponibilidad de agua que caracterizan a la región (críticas a través de la mayor parte del año), exacerban las condiciones de desequilibrio de los iones del agua en el flujo de los dos arroyos. El equilibrio químico es de mayor importancia para la protección de la flora y fauna nativa, en particular para la especie que está en riesgo y en general para el área protegida APFF.

GEOH-6

USO DE LA ESPECTROSCOPIA DE FLUORESCENCIA 3D PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DISUELTA EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DEL VALLE DE TOLUCA.

Fuentes Rivas Rosa María¹, Ramos Leal José Alfredo¹, Jiménez Moleón María Del Carmen², Esparza Soto Mario² y Morán Ramírez Janete¹
¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
²Centro Interamericano de Recursos del Agua, CIRA
rosa.fuentes@ipicyt.edu.mx

La presencia de materia orgánica (MO) en el agua determina su calidad o grado de contaminación. Sin embargo, a pesar de obtener la concentración de MO en el agua con las técnicas de análisis comunes, DQO y COT, no es posible identificar el tipo de compuesto orgánico presente. La espectroscopia de fluorescencia 3D es una técnica que ha sido ampliamente utilizada para caracterizar la materia orgánica disuelta (MOD) en el agua residual y en los cuerpos de agua superficial. En aguas subterráneas o superficiales sin contaminar es común observar la presencia de MO natural como los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y en menor proporción proteínas del material orgánico residual de flora y fauna. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la MOD en 49 muestras de agua subterránea para abastecimiento humano del Valle de Toluca. Los resultados obtenidos evidencian concentraciones

de DQO entre 1 – 35 mg/L. El 51% de las muestras sobrepasó el límite de DQO para agua potable que establece la OMS (20 mg/L). Por análisis de fluorescencia, se identificó la presencia de material protéico y de origen natural en el agua subterránea. La relación de intensidades 1:3 entre picos protéicos: húmicos, indica la posible contaminación antropogénica en el 60 % de las muestras. Palabras clave: espectroscopia de fluorescencia, materia orgánica disuelta, contaminación antropogénica, agua subterránea.

GEOH-7

ANÁLISIS ESPACIAL DE PARÁMETROS HIDROGEOQUÍMICOS E ISOTÓPICOS EN UNA PORCIÓN DEL ACUÍFERO CALIZO LOCALIZADO EN EL LÍMITE ENTRE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS ACTOPAN Y ANTIGUA

González Zuccolotto Karime¹, Cortes Silva Alejandra², Pérez Quezadas Juan³ y Salas Ortega Rocío¹

¹Universidad Veracruzana, UV

²Instituto de Geofísica, UNAM

³Centro de Geociencias, UNAM
eurekastein@gmail.com

Se analizan las características geológicas, hidrogeoquímicas e isotópicas de un sistema de manantiales y pozos, localizados en el sureste del estado de Veracruz, entre las cuencas de Río Antigua y Actopan, mismos que afloran en un sistema conformado por roca caliza, por lo cual se presentan procesos de karstificación, así como termalismo. La finalidad de este estudio fue aportar elementos de análisis para mejorar la comprensión del funcionamiento hidrodinámico de la zona teniendo en cuenta que los manantiales proporcionan la oportunidad de estudiar procesos subterráneos. Para ello se monitorearon espacial y temporalmente 11 manantiales y tres pozos, analizando la composición isotópica e hidrogeoquímica de los mismos. Basándose en los resultados obtenidos, el agua presenta una composición isotópica cercana a la Línea Meteorica Mundial (LMM), por lo cual se infiere que se trate de agua contemporánea. Según el análisis de las líneas de flujo del agua en el área de estudio y la química de la misma, existen tres familias de aguas, diferentes en la zona. Los manantiales, M2, M3, M4, M5, M6, ubicados al norte se asocian a agua bicarbonatada cálcica, confirmando así el resultado que arrojaron los isotopos en dichos manantiales. Por otro lado los manantiales M7 y M8 se asocian a aguas sulfatadas cálcicas, lo cual puede significar que pertenecen a flujos regionales, intermedios o aguas con un tiempo de residencia mayor. Así mismo la evolución del agua muestreada en los pozos de la zona tiende a ser clorurada sódica. Los resultados en este estudio resaltan la contribución que el monitoreo de la composición hidrogeoquímica e isotópica espacio-temporal, puede aportar a la definición de la hidrodinámica y las relaciones del flujo dentro de un sistema subterráneo karstificado tomando en cuenta la geología del sistema.

GEOH-8

CORRELACIÓN ESPACIAL DE ALTERACIONES DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE CHIHUAHUA, MÉXICO

Modesto Cesar, Palacios Itzel Alejandra y Mancera María Magdalena
Departamento de Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Chihuahua, ITCH
cmdesto@itchihuahua.edu.mx

En la actualidad, el acuífero de Tabalaopa-Aladama ubicado en la capital del Estado de Chihuahua, aloja en su parte suroeste el Relleno Sanitario (RS) que recibe los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de las ciudades de Aquiles Serdán, Aldama y Chihuahua, esta dinámica de disposición se inició en el año de 1992 cuando se da la apertura de la celda número uno del RS y para el año 2001 presentaba ya falta de espacio de disposición, trayendo consigo la apertura de la celda número dos en el año 2007, equipada de manera parcial respecto a la infraestructura para prevenir infiltración de lixiviados al acuífero, con esta dinámica de crecimiento horizontal del relleno sanitario contraria a los establecido por la NOM-083-SEMARNAT-2003, se continuó con una práctica inadecuada de disposición de RSU que pone en riesgo el recurso hídrico subterráneo, ya que en el área de influencia del mencionado vertedero se ubican ocho pozos que dotan aproximadamente 200 litros por segundo de agua para consumo humano a la ciudad de Chihuahua. De ahí la importancia del desarrollo de trabajos relacionados con el monitoreo de la calidad del agua tendientes a la detección de alteración relacionadas a la pluma de contaminantes producida por los lixiviados del relleno sanitario y su influencia en la química del agua. Para ello se empleó la metodología de Krigeo auxiliada con el software Surfer 9 en la elaboración de planos de isoconcentraciones de parámetros del agua de los ocho pozos ubicados en el área de influencia del relleno sanitario revelando tendencias espaciales importantes coincidentes a las áreas cercanas a las lagunas de lixiviados, pudiendo establecer con ello patrones de dispersión de contaminantes en 2 dimensiones, comprobando alteraciones espaciales positiva entre 7.38 y 45.41% respecto a las medias de los niveles de magnesio, alcalinidad, sodio, calcio y fluoruro. Se observaron alteraciones negativas entre 2.8 a 23.26% en los parámetro de pH, cloruros, potasio y sulfatos. En lo que respecta a hierro y nitrógeno se identificaron patrones de alteración relacionados a la pluma de lixiviados, partiendo del análisis anterior se seleccionaron los seis pozos más cercanos al RS

correlacionando los datos de los once parámetros calidad del agua obtenidos con Conductividad Eléctrica (CE) observado una correlación del importante en respecto a Calcio ($R^2=0.8521$), Fluor ($R^2=0.8905$) y Sodio ($R^2=0.9447$).

GEOH-9

VISHMOD UNA NUEVA METODOLOGIA PARA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS HOMOGÉNEOS EN CALIZAS

Morán Ramírez Janete y Ramos Leal José Alfredo
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
janete.moran@ipicyt.edu.mx

En este trabajo se presenta la metodología VISHMOD por sus siglas en inglés (Virtual Samples in Hydrochemical Modeling) para el análisis y simulación de los sistemas hidrogeoquímicos, esta metodología utiliza muestras sintéticas, derivadas de las fracciones de mezclas obtenidas de tres miembros extremos. Esta metodología fue aplicada para medios carbonatados y homogéneos en una región al Este de la Sierra Madre Oriental de México. El método VISHMOD surge como una necesidad de estandarizar y tener un medio de control para demostrar que tanto un modelo es capaz de reproducir las mediciones de campo, para esto, es necesario llevar a cabo la calibración de los modelos hidrogeoquímicos en los sistemas hidrogeológicos. Utilizando la metodología VISHMOD, en esta región dio lugar a la clasificación del tipo agua como bicarbonato de calcio (Ca-HCO_3), que representa una mezcla ternaria; en el que 45.5% se asoció con flujo local, 38.5% de flujo intermedio y el 16.5% a un flujo regional. La metodología VISHMOD muestra que en el agua subterránea ocurren principalmente una mezcla ternaria y procesos de interacción agua roca (precipitación de calcita y dolomita; así como, disolución de otros minerales).

GEOH-10

FACTIBILIDAD DE LA ATENUACIÓN NATURAL DEL BENCENO EN AGUA SUBTERRÁNEA, USANDO MODELACIÓN MATEMÁTICA DE FLUJO Y TRANSPORTE.

Hernández-Espriú Antonio¹ y Martínez-Santos Pedro²

¹Grupo de Hidrogeología, Facultad de Ingeniería, UNAM

²Departamento de Geodinámica, Universidad Complutense de Madrid, España
ahespriu@unam.mx

En esta investigación, evaluamos la estrategia de remediación de un acuífero volcánico libre, contaminado por un derrame de hidrocarburos. Dada la baja conductividad hidráulica del acuífero (0.1-0.6 m/día) y la alta capacidad de biodegradación del medio, estudiamos los procesos de atenuación natural, como una potencial medida de restauración. Se modelaron los procesos de atenuación del benceno en agua subterránea, considerado como el contaminante objetivo por ser la especie de mayor riesgo a la salud. La modelación analítica se basó en una solución exacta (Neville, 2005) de la ecuación de transporte 3D para flujo uniforme tridimensional, suponiendo un modelo de dispersión Fickiano con coeficientes constantes de dispersión, para un acuífero homogéneo sujeto a procesos de degradación y transformación de primer orden, usando la herramienta computacional BIOSCREEN-AT. Esta solución otorga mejores resultados que la aproximación de Domenico (1987), comúnmente utilizada para modelar la atenuación natural de acuíferos con la herramienta BIOSCREEN. La modelación se calibró en estado estacionario usando las concentraciones medidas en campo. Posteriormente se simuló el modelo en estado transitorio para un período máximo de 20 años. Los resultados indican que los procesos de transporte en el acuífero estudiado están controlados por transformaciones de primer orden, principalmente biodegradación y sorción. La modelación transitoria evidenció que la pluma de benceno está en un franco estado de decrecimiento. Para fines prácticos, la pluma se atenuaría en un período relativamente razonable (no mayor a 15 años) una vez que las fuentes hayan sido removidas. Los resultados sugieren que la atenuación es factible si se implementa un programa de monitoreo, basado en una estrategia de optimización con frecuencia de muestreo decreciente en el tiempo. De probarse la atenuación natural de acuíferos con la metodología desarrollada en esta investigación, sería posible robustecer el modelo actual de gestión de sitios contaminados en México, de manera que se considere como una opción costo-efectiva sustentada en evidencias científicas.

GEOH-11

ANÁLISIS HIDRODINÁMICO DE LA LAGUNA DE LABRADORES, GALEANA, NUEVO LEÓN.

Cuevas Castellanos Paulina, Navarro de León Ignacio y Montalvo Arrieta Juan Carlos
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL
cpaulina1@hotmail.com

El municipio de Galeana en el estado de Nuevo León, presenta numerosas formas kársticas que son el resultado de la disolución de los sulfatos acumulados en el subsuelo; la Laguna de Labradores es una de estas formas kársticas, una dolina de 500 metros de diámetro y 80 metros de profundidad. A mediados del año 2012, la laguna tuvo un desborde de aproximadamente tres metros en un período de tres meses, causando la inundación del parque recreativo y algunas viviendas y

campos que se ubican a su alrededor. Este suceso ocurrió sin haberse presentado una cantidad significativa de lluvias en todo ese año. Este trabajo pretende ayudar a conocer las causas de este fenómeno, mediante el uso de métodos geofísicos, piezometría y evaluación de datos hidrométricos y climatológicos del área de estudio.

GEOH-12

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS Y ESTADO EN MODELOS DE FLUJO ESTACIONARIO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE MÉTODOS ESTOCÁSTICOS

Briseño Ruiz Jessica¹, Hernández Abel F.², Morales Casique Eric¹, Herrera Zamarrón Graciela³ y Escolero-Fuentes Oscar¹

¹Instituto de Geología, UNAM

²Gerencia de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas

³Instituto de Geofísica, UNAM

brisenorjv@geologia.unam.mx

La modelación de flujo de agua subterránea típicamente enfrenta retos en la selección de valores adecuados de los parámetros, así como para las condiciones iniciales y de frontera de un acuífero específico. Si bien los parámetros de un acuífero se pueden medir en campo, a menudo se utilizan métodos indirectos en el proceso de medición, las mediciones se toman en un número limitado de lugares, y algunos de los parámetros poseen alta variabilidad. Por otro lado, las condiciones iniciales y de frontera no se conocen con exactitud. Todos estos factores conducen a que los procesos de modelado y estimación (predicción) presenten incertidumbre. Estas fuentes de incertidumbre pueden tomarse en cuenta a través de un marco estocástico y es posible disminuirla en los procesos de modelado y estimación, mediante la incorporación de mediciones de parámetros y estado. En este sentido, este trabajo presenta tres enfoques estocásticos para estimar el logaritmo natural de la conductividad hidráulica (Y) y la estimación de flujo de agua subterránea en el estado estacionario. Los dos primeros métodos se basan en la técnica de asimilación de datos conocida como filtro de Kalman Ensamblado (EnKF). En el primer enfoque, el método Monte Carlo se emplea para calcular la estimación inicial de los momento estadísticos (EIME) y para ello se simulan numéricamente distribuciones de h derivadas, cada una, de una realización generada del campo de la conductividad hidráulica (K), la media de los ensambles (de h y K) y su covarianza se emplean para calcular la EIME; denotamos a este enfoque como EnKFM. En el segundo enfoque, la EIME se calcula empleando una solución directa de las ecuaciones de momento (EM) no locales (integro-diferenciales) que gobiernan la distribución espacial de la media del ensamble condicional y de la covarianzas de h y K; denotamos a este enfoque como EMFKen. El tercer enfoque consiste en la inversión estocástica geoestadística de la misma forma de las ecuaciones de momento no locales; denotamos a este enfoque como IME. Los métodos se probaron para estimar h y Y en un modelo de flujo de aguas subterráneas en estado estacionario; el caso de estudio sintético contó con un dominio bidimensional y un pozo de bombeo ubicado en el centro del dominio. En el proceso de estimación se emplearon 20 mediciones de h y 9 de Y obtenidas a partir de una realización tomada como "real". Los resultados de nuestros experimentos numéricos indican que en cada uno de los enfoques del EnKF, la estimación de la varianza de la h se redujo más con la asimilación de las mediciones de h que con la incorporación de las mediciones de Y. Los tres métodos fueron efectivos para estimar h, aunque ambos métodos del EnKF fueron ligeramente superiores que el método IME. Con respecto a la estimación de Y los tres métodos alcanzaron una precisión similar en términos de la capacidad predictiva.

GEOH-13

MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL DE LA INTERACCIÓN AGUA SUPERFICIAL-AGUA SUBTERRÁNEA, EN UNA ZONA COSTERA DE VERACRUZ.

Neri-Flores Iris¹, Escolero-Fuentes Oscar² y Rivera-Baizabal Roberto³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

²Instituto de Geología, UNAM

³Instituto de Ingeniería, UNAM

irisneri@gmail.com

Las aguas subterráneas y superficiales de cualquier región suelen estar en estrecha conexión, existiendo flujos en uno y/u otro sentido. Estas interacciones son un aspecto importante que necesita entenderse para valorar el impacto en cuerpos de agua dependientes de agua subterránea-agua superficial; cuyos ecosistemas son considerados como elementos unidos de un continuo hidrológico que llevan a plantear su sustentabilidad debido a sus implicaciones ecológicas y humanas (Espinoza, 2004; Sophocleus, 2002). En este trabajo de investigación se propone un modelo hidrogeológico conceptual de la interacción río-acuífero, en una sección longitudinal entre los ríos Jamapa y Cotaxtla, de la planicie costera de Veracruz. La metodología consistió en una red de monitoreo de niveles freáticos de 27 norías, nueve piezómetros, con mediciones mensuales del nivel freático y la instalación de cuatro dataloggers con registro horario para valorar la interacción río-acuífero, durante mayo 2013 a mayo 2014. Para la caracterización del subsuelo se realizaron dos sondeos de refracción sísmica y se correlacionaron cortes litológicos obtenidos durante la perforación de los piezómetros. Los resultados muestran que es un acuífero de tipo libre, caracterizado principalmente por sedimentos aluviales con alta

permeabilidad, por lo que existe una fuerte interacción río-acuífero: si el nivel del río disminuye, los niveles freáticos también disminuyen y si el nivel del río aumenta, los niveles freáticos también aumentan, con variaciones de niveles de hasta 2-3 metros entre la época de secas y lluvias. Este trabajo demuestra que en zonas costeras con niveles freáticos someros existe una fuerte correlación agua superficial-agua subterránea, por lo que debe ser tomada la componente subterránea para una mejor gestión del manejo del agua.

GEOH-14

EVALUATION OF THE GEOHYDROLOGICAL IMPACTS OF TUNNELS WITH FINITE ELEMENT NUMERICAL MODELS: APPLICATION TO RAILWAY TUNNELS IN SPAIN

Li Yanmei¹, Samper Calvete Francisco Javier² y Naves Acacia²
¹Universidad de Guanajuato, UG
²Universidad de A Coruña
 yanmei181@gmail.com

Construction of underground excavations for transportation such as tunnels may affect the safety and yield of the construction and may alter significantly the hydrological conditions of the surrounding rock. The evaluation of the groundwater inflows into tunnels and the effects of the construction of the tunnel on the hydrogeological conditions require the use of numerical models. Here we report numerical models to evaluate the hydrological effects of high-speed railway tunnels in Galicia (Spain). The numerical flow models were solved with CORE2DV4.1, a flexible and comprehensive finite element computer code developed by the investigation group of Prof. Samper at the University of A Coruña (UDC) which has been used for the last 20 years for groundwater flow and contamination studies. The tunnels intersect mostly old metamorphic and granitic rocks. Steady-state groundwater flow models were constructed first and calibrated under natural conditions. Then, the models were used to evaluate the effects of the construction of the tunnel. Water wells near the tunnel trace could be affected, especially the shallow wells. In one of the tunnels, model predictions performed before tunnel construction indicated that almost 40% of the wells in the study area could have large drawdowns and get dry. Field observations recorded after that tunnel construction confirmed that 80% of such wells got dry. In a second stage, an updated transient groundwater flow numerical model was performed for both natural and perturbed conditions. The time variability of aquifer recharge was derived from a water balance model solved with VISUAL-BALAN (a code developed also by the UDC group). The transient models were calibrated with groundwater hydraulic head data, tunnel inflow data and spring flow data. Numerical predictions were performed for a wide range of meteorological conditions (humid, semi-humid and dry conditions) and several assumptions about the leakage factor of the wells in the study area could have large drawdowns and get dry. Model results indicate that the construction of the tunnels generally affects the hydrological conditions of the surrounding areas by lowering the water table and decreasing the flow of the natural spring near the tunnel. The methodology and the conclusions of this study should be useful for evaluating the hydrogeological impact of tunnel construction in Mexico within the framework of high-speed railway construction projects.

GEOH-15

ESTIMACION DEL VOLUMEN HIDRICO DEL SISTEMA ACUIFERO DE LEON, GUANAJUATO, MEXICO

Cortes Silva Alejandra¹, Pérez Quezadas Juan², Martínez Reyes Juvenito² y Sánchez Bravo Francisco Javier³
¹Instituto de Geofísica, UNAM
²Centro de Geociencias, UNAM
³Facultad de Ingeniería, UNAM
 acortes@geofisica.unam.mx

Con base en la actualización geológica realizada en el entorno del Municipio de León, Guanajuato y el procesamiento de datos aeromagnéticos, se propone una geometría aproximada del sistema acuífero actualmente en explotación intensiva. Se estima la cantidad de agua almacenada en los sedimentos terciarios considerando la existencia de un lecho rocoso como límite acuífero. El área se ubica dentro de las principales estructuras que limitan la cuenca y es de 317km². Los resultados a lo largo de los perfiles seleccionados arrojan espesores máximos del relleno sedimentario de hasta 600m confinados por un basamento impermeable de origen ígneo. El volumen estimado de este paquete fue de 149.39 km³. En tanto que el volumen del acuífero considerando el nivel estático actual es de 120.50km³ siendo el volumen de sedimentos drenados de 28.89km³ aproximadamente. A partir de los modelos magnéticos se obtuvo un volumen estimado a la baja de las reservas hídricas del Valle de León de entre 12 y 36km³ asumiendo porosidades de entre 10 y 30% respectivamente, lo que demuestra un importante potencial del Valle de León en reservas hídricas. Sin embargo, para mejorar la estimación de los volúmenes se requiere conocer con mayor precisión los datos hidráulicos del sistema acuífero.

GEOH-16

USO DE ACUÍFEROS EXISTENTES COMO MEDIO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

Morales-Ochoa Ricardo, Ortega-Arenas Ricardo y Morales-Montaño Mariano
 Universidad de Sonora, UNISON
 rmoraleso@correo.fisica.uson.mx

En este trabajo expondremos las ventajas que implica la utilización de la recarga de los mantos acuíferos a través de un proceso que mejorará la infiltración del agua meteórica para su almacenamiento. Es muy alarmante saber la situación de sequía y necesidad de agua en el desierto de Sonora; la mayor parte del agua que se utiliza para la población proviene del subsuelo y se extrae a través de pozos someros a profundos los cuales se han visto mercados en los últimos 50 años debido a su baja velocidad de recarga y sobreexplotación. Al tratarse de una región desértica, la tasa de evaporación es muy alta; por otro lado, sabemos que un manto acuífero puede almacenar agua por un periodo de tiempo del orden de miles de años, motivo por el cual lo vemos como una alternativa muy atractiva para el almacenamiento de ésta. Sin embargo una gran desventaja en el proceso natural de almacenamiento es la velocidad de recarga, la cual se busca mejorar con la finalidad de aprovechar al máximo el agua precipitada en la región. En el estado se depositan alrededor de 65 mil millones de metros cúbicos de agua cada año por lluvias, donde la mayoría se concentra en dos cuencas principales (del Yaqui y del Mayo). De estos 65 mil millones de metros cúbicos alrededor del 90% (58 mil millones) se evapora, alrededor del 7% se escurre y la cantidad de agua infiltrada es del orden de un 4%. Así pues, debido a la gran necesidad de aprovechar parte del agua que precipita, que comparando con la capacidad de almacenamiento de la presa Abelardo L. Rodríguez (287 millones de metros cúbicos), la cual abastecía a la ciudad de Hermosillo hasta hace 20 años, tenemos que las lluvias depositan alrededor de 223 presas de esta capacidad. En este trabajo se hacen una serie de propuestas para desarrollar un proceso de almacenamiento e infiltración de agua en acuíferos, el cual se encargará de describir el modo de captación, limpieza y filtrado necesarios para almacenar agua y así poder disponer de esas reservas en el futuro. Se abordará de manera particular la situación de la ciudad Hermosillo donde se analizarán los diferentes sistemas de descarga de las aguas pluviales, la trayectoria que estos sistemas siguen, las propiedades de los suelos involucrados en dichas descargas, así como también el estado actual de los acuíferos que abastecen la ciudad, las cuales son características necesarias para el desarrollo del proyecto.

GEOH-17 CARTEL

ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA USO AGRÍCOLA, EN EL ACUÍFERO COLGADO DEL VALLE DE SAN LUIS POTOSÍ

Almanza Tovar Oscar Guadalupe¹, Ramos Leal José Alfredo¹, Morán Ramírez Janete¹, Santacruz de León Germán² y López Álvarez Briseida²
¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
²El Colegio de San Luis, A.C.
 oscar.almanza@ipicyt.edu.mx

En el acuífero colgado del Valle de San Luis Potosí (VSLP) esta constituido por un paquete de depósitos aluviales. Con el crecimiento poblacional, los volúmenes de agua residual aumentaron y propicio el uso de agua residual para la actividad agrícola. Con el fin de evaluar la calidad del agua subterránea para la agricultura, se recogieron 46 muestras, siendo analizadas químicamente para los parámetros físico-químicos, como pH, CE, SDT, Alkalinidad, HCO₃, Cl, SO₄, F, Ca, K, Mg y Na. Con esta información hidrogeoquímica se calcularon los índices de Relación de Adsorción de Sodio (RAS), Relación de Adsorción de Magnesio (RAM), Porcentaje de Sodio (%Na), Carbonato de Sodio Residual (CSR), la Relación de Kelley's (RK), Índice de Permeabilidad (IP), Porcentaje de Sodio Soluble PSS, Potencial Osmótico (PO), Salinidad Efectiva (SE), Salinidad Potencial (SP) y Dureza. La correlación entre RAS y CE, mostró que de las 46 muestras: el 23.9 % (C2-S1) son aguas de buena calidad para el riego, bajo peligro de sodificación y cuentan con una salinidad moderada, pudiendo emplearse en casi todos los cultivos con suelos de buena permeabilidad; el 56.5 % (C3-S1) son aguas utilizables para el riego con precauciones, bajo peligro de sodificación y son de salinidad media, debe usarse en suelos de permeabilidad moderada a buena; el 17.3 % (C3-S2) son aguas utilizables para el riego con precauciones, peligro de sodificación mediano y agua de salinidad media y por ultimo el 2.3 % (C3-S3) son aguas utilizables para el riego con precauciones, peligro de sodificación alto y salinidad media, debe usarse en sitios de permeabilidad moderada a buena. El diagrama de Wilcox mostró que 28.4 % de las muestras tienen la calidad de agua de buena a excelente, mientras que el 67.4 % tiene la calidad del agua de permisible a buena y un 2.1 % tiene calidad del agua de admisible a dudosa y por ultimo un 2.1 % era de calidad del agua inadecuada a dudosa. Los índices nos indican en forma global que el agua del acuífero colgado, se puede aplicar para el propósito de riego.

GEOH-18 CARTEL

MODELO HIDROGEOLOGICO DE ARROYOS SAN CARLOS-SAN ANTONIO CHIHUAHUA, MÉXICO.

García-Olveda Alejandra, Magallanes-Miranda Brenda, Reyes-Cortés Ignacio Alfonso, Oviedo-García Angélica y Contreras-Caraveo Manuel
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH
 a226109@uach.mx

El presente trabajo busca identificar la evolución y disponibilidad del agua en los arroyos San Carlos y San Antonio ubicados dentro del Área de Protección de Flora y Fauna en el Cañón de Santa Elena, en el estado de Chihuahua, México, a través de un modelo hidrogeológico conceptual, con énfasis en el marco geológico y las condiciones y características del flujo de agua sobre las diferentes litologías y estructuras. Condiciones que permitan controlar la propagación del pez invasor *Fundulus zebrinus* que es el depredador del pez nativo de la zona, hasta llevarlo a estar en peligro de extinción. El área está localizada en la parte este del Estado de Chihuahua, en los municipios de Ojinaga y Manuel Benavides. En las inmediaciones de las coordenadas 103°40'0" W y 29°20'0"N, que contribuye aproximadamente con un 2% de la zona desértica del estado (COTERA et al. 2004). Se consideraron aspectos hidrológicos, hidráulicos, geográficos y sociales. Para el muestreo se ubicaron 15 sitios potenciales para llevar a cabo los muestreos del área en base a los siguientes criterios: representatividad de cada una de las 3 unidades hidrogeológicas para cada uno de los arroyos, sensibilidad a los cambios de caudal, idoneidad para la simulación hidráulica y la representatividad de áreas de aprovechamiento (extracción y contribución por la presencia de áreas agrícolas, áreas de minas, así como las áreas de asentamientos humanos que contribuyen con descargas contaminadas). Solo se tomaron muestras en 11 de los puntos de interés debido a que los arroyos poseen flujos intermitentes y se encuentran en un estado crítico causado por la escasa precipitación de la zona. El modelo hidrogeológico conceptual simplifica el problema de campo y organiza los datos de manera que el sistema pueda ser analizado de manera efectiva para la distribución de los humedales y nichos de la flora y fauna riparia. El estudio arrojó datos como alta conductividad eléctrica en puntos donde afloran calizas arrecifales. Esto representa una salinidad por encima de los rangos normales lo que puede ocasionar estrés y hasta la muerte para los organismos (WASC, 2002). Los parámetros de la calidad del agua obtenidos se asociaron con las litologías de los puntos. La litología determina las condiciones para el hábitat del pez. En particular este modelo hidrogeológico conceptual contribuye a la identificación del hábitat de los peces en estudio y el control de los depredadores. El modelo incluye el análisis de la composición del agua resultante del intercambio iónico por efecto de la interacción de agua-roca. Se hace énfasis a lo largo de diferentes estructuras geológicas para definir la manera en que el agua interactúa con la roca e identificar las condiciones hidrogeológicas idóneas del hábitat del pez. Se presenta el modelo hidrogeológico conceptual propuesto con los sitios preliminares seleccionados como idóneos para proteger la especie en riesgo y el control de la especie invasora.

GEOH-19 CARTEL

EVALUACIÓN DE LA INTRUSIÓN SALINA POR MEDIO DE UN ESTUDIO HIDROGEOQUÍMICO EN EL ACUÍFERO COSTERO DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Tamez Carol, Mahlknecht Jürgen y Antonio Arturo
Centro del Agua para América Latina y el Caribe, CDA
 tamez.carol@itesm.mx

El agua subterránea proveniente del acuífero de La Paz, en Baja California Sur, es la fuente principal para proveer agua potable a la población y para abastecer las demandas de agua para irrigación y agricultura de la zona. La extracción intensiva del acuífero para abastecer las necesidades antropogénicas, ha dado como resultado la disminución de los niveles estáticos, y aunado a que es un acuífero costero, la intrusión marina es notable y ha sido favorecida en algunos pozos de agua. En la presente investigación se realizó un estudio hidrogeoquímico del agua subterránea para determinar el grado de intrusión salina y su origen en el acuífero. Se recolectaron 47 muestras representativas de agua subterránea, distribuidas geográficamente en el área de estudio en Agosto del 2013. Para determinar el grado de salinidad en las muestras de agua, se obtuvieron los tipos de familia, analizando concentraciones de cationes y aniones y graficándolas en un diagrama de Piper. Para determinar el origen de la salinidad, se calcularon índices molares de Na/Cl, SO₄/Cl, Cl/HCO₃ y Cl/Br, se graficaron contra las concentraciones de Cl y los resultados se compararon con los valores de agua de mar. Con el modelo PhreeQC se determinaron los índices de saturación de algunos minerales para así poder definir cuales aguas se encuentran en equilibrio, sobresaturado o sub-saturado respecto a la fase mineralógica. Posteriormente las muestras se georreferenciaron en un mapa geológico para corroborar que los elementos provengan de la interacción agua-roca. El diagrama de Piper dio como resultado 4 tipos de familias, siendo Na-Cl la más abundante en el 50% de las muestras, demostrando influencia de la intrusión marina. El índice molar Na/Cl (variando de 0.20 a 1.49) demostró que la salinidad proviene de dos fuentes: marina e interacción agua-roca. El índice rSO₄/Cl (0.6-0.53) caracterizó contribuciones adicionales de sulfatos al agua de mar en 19% de las muestras, probablemente producida por la disolución de yeso o anhídrido o por aplicación de fertilizantes, los cuales se infiltran y llegan al agua subterránea por el efecto del exceso de irrigación. El índice Cl/HCO₃ (0.38-7.81) demostró que

6% de las muestras no están afectadas por la salinidad, el 90% están ligeramente afectadas y el 4% están fuertemente afectadas. El índice rCl/Br (556-1,418) sugiere que el 93% de las muestras presentan una contribución adicional de salinidad (NaCl) proveniente de aguas residuales o de lixiviación de desechos sólidos. Los índices de saturación demostraron sobresaturación de aragonita, calcita, dolomita y albita, sugiriendo que los minerales están presentes en la roca o en la zona no saturada. La georreferenciación da por conclusión que los minerales presentes en el agua subterránea provienen de la interacción agua-roca y que la salinidad aumenta conforme se aproximan a la línea de la costa debido a la intrusión marina. Se recomienda hacer estudios complementarios utilizando isótopos ambientales para confirmar/contrarrestar los resultados químicos.

GEOH-20 CARTEL

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO TURBIO. HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO PÉNJAMO-ABASOLO, ESTADO DE GUANAJUATO.

Martínez Reyes Juventino y Mitre Salazar Luis Miguel
Centro de Geociencias, UNAM
 jmr@geociencias.unam.mx

La cuenca hidrográfica del río Turbio se localiza sobre la parte occidental del estado de Guanajuato e incluye territorio jalisco. El río Turbio sigue su curso de norte a sur hasta desembocar en el Río Lerma. En la parte baja de esta cuenca se localiza el acuífero Penjamo-Abasolo. En 2001 la Comisión Estatal del Agua (CEA) del estado de Guanajuato implementó la red estatal de monitoreo de la calidad del agua subterránea. El acuífero Pénjamo Abasolo es el que cuenta con el mayor historial de ese monitoreo. En los últimos años este acuífero ha ganado importancia en el sector industrial. Por esta razón, a través de un convenio entre la CEA y la UNAM, es objeto de un análisis de la evolución físico química del agua en relación a la Hidrogeología, para valorar el estado actual del acuífero y tener una herramienta tangible en la toma de decisiones en el manejo del recurso hídrico. En esta presentación solo abordamos el marco estratigráfico y estructural del acuífero Pénjamo-Abasolo, el cual ha servido de base a las otras disciplinas hidrogeológicas que conjuntamente se ocupan del análisis de este acuífero, así como para la elaboración del modelo matemático. El marco estratigráfico y estructural del área ha sido elaborado a través de la revisión de la documentación geológica existente y su validación en el terreno. La interpretación del subsuelo se ha hecho con la información extraída del registro de los pozos que ha proporcionado la CEA. Estratigráficamente el área que enmarca el acuífero Pénjamo-Abasolo está constituida esencialmente por rocas volcánicas riolíticas del Oligoceno (Sierra Madre Occidental) y rocas andesítico-basálticas del Mioceno-Plioceno (Faja Volcánica Transmexicana). Estructuralmente diversos sistemas de fallas confluyen allí, con orientaciones NW-SE, NE-SW, E-W y N-S, formando altos y bajos tectónicos, como las sierras de Pénjamo y Abasolo y los grabens de Abasolo-Pénjamo y de Penjamillo, cuyo relleno granular almacena el agua del acuífero Pénjamo Abasolo. Lo sobreexplotación del acuífero ha detonado desde hace algunas décadas el agrietamiento y fallamiento de los terrenos no consolidados, fenómeno mayormente presente en el graben Abasol-Pénjamo. Esto, además de afectar a la infraestructura urbana y rural, son vías o fuentes de contaminación del acuífero. Aunque administrativamente el acuífero Pénjamo-Abasolo es considerado como una unidad, geológicamente y hidrogeológicamente puede ser dividido en dos acuíferos bien definidos: el acuífero Abasolo-Pénjamo y el acuífero de Penjamillo. Los resultados del análisis geológico e hidrogeológico del acuífero Pénjamo-Abasolo muestran que actualmente es un acuífero muy deteriorado.

GEOH-21 CARTEL

INFLUENCIA DE LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS EN LA SUBSIDENCIA

Jiménez Gabriel, González Padilla Raul David, Aguilar Mora Araceli y Arroyo Blanco Aketzalli
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP
 gajizu@gmail.com

La subsidencia ocurre en cuencas sedimentarias costeras e intermontanas, formadas por acuíferos permeables y acuitados blandos compresibles. La extensión de las cuencas sedimentarias es del orden de miles de km², y sus profundidades llegan a alcanzar aproximadamente 1500-2000 m. En un área tan grande existen estructuras geológicas como pliegues, fallas, fracturas, ríos, lagunas, intrusiones, actividad volcánica, y de todas ellas se encuentran su influencia en el entorno geológico. La subsidencia es un proceso regional de consolidación tridimensional en el subsuelo debido al abatimiento del nivel del agua subterránea, que origina una disminución de la presión del agua y por ende un aumento de los esfuerzos efectivos. Por cada metro de declinación del nivel del agua subterránea, el esfuerzo efectivo aumenta 9.8 (1 t/m²). Es decir la fase sólida del suelo deja de recibir el empuje ascendente del agua que es de 10 (1 t/m²) (principio de Arquímedes). Para realizar el estudio del proceso de subsidencia en una región es necesario determinar las estructuras geológicas, propiedades hidráulicas y secuencias de las unidades hidrogeológicas presentes en el sistema acuífero, que influyen en el tiempo en que ocurren los asentamientos y su magnitud. El conocimiento de la geología es la base para diseñar un modelo hidrogeológico que puede explicar las grietas de tensión y pronosticar las deformaciones de la superficie del terreno. a) Estratigrafía irregular, diferentes tipos de estratos, en consecuencia diferentes

condiciones de frontera, diferentes parámetros de compresibilidad y conductividad hidráulica lo anterior influye en la magnitud y tiempo en que ocurre la subsidencia) Buzamiento de los estratos, discontinuidad de los estratos, fallas, intrusiones. Las intrusiones y fallas son las responsables de la discontinuidad y diferente espesor de los estratos, generando diferentes magnitudes de asentamientos. En zonas de falla el nivel freático puede localizarse a diferente profundidad debido a que la falla sea el contacto de estratos permeables e impermeables, lo cual ocasiona diferente profundidad de abatimiento. c) Diferente profundidad del nivel del agua subterránea, variación del nivel de abatimiento del agua subterránea debido a diferente recarga, distintas tasas de extracción. Lo anterior somete al medio poroso a variaciones en la intensidad de los esfuerzos efectivos y por peso propio.

GEOH-22 CARTEL

“EXPERIMENTOS ESTÁTICOS Y DINÁMICOS A NIVEL LABORATORIO PARA LA BIOSORCIÓN DE Pb^{2+} EN AGUAS CONTAMINADAS UTILIZANDO LA MACRÓFITA ACUÁTICA *TYPHA LATIFOLIA* INERTE.”

Cordova Molina Cynthia del Carmen, Calvo Ramos Daniela
Kristell, Muñoz Torres María Carolina y Vega González Marina
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
cynthia.cordova86@hotmail.com

La capacidad de la *Typha latifolia* para ser usada como biomasa en la remoción de Pb^{2+} de aguas contaminadas se evaluó en el presente trabajo bajo condiciones controladas en experimentos estáticos en batch, dinámicos en columnas y su caracterización por espectroscopia de infrarrojo. Para los experimentos en batch se seco la biomasa y se llevó a un tamaño de partícula menor a 0.149 mm y se puso en contacto con soluciones estándares de Pb^{2+} a las concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50 mg/L en un agitador orbital. Se usaron diferentes partes de la planta como raíz, hojas y tallo y se determinó la influencia de diversas condiciones experimentales como pH (4, 5 y 6), dosis de biomasa (0.3, 0.15 y 0.075 g/15ml de solución de Pb^{2+}) y tiempo de contacto (30, 60 y 120 minutos). La *Typha latifolia* mostró una alta eficiencia en la remoción de Pb^{2+} al retener más del 90% del metal. Posteriormente se realizaron experimentos dinámicos en columnas evaluándose el efecto de la altura del lecho del adsorbente (1.5 y 2 cm) y utilizando un flujo fijo de 0.0537 ml/minuto con una bomba peristáltica. Se trabajaron concentraciones de 10, 20, 30 y 40 ppm de Pb^{2+} a pH 6. Los experimentos en columnas demostraron que la *Typha latifolia* tiene una buena capacidad de adsorción de Pb^{2+} para las concentraciones de 10 y 20 ppm, lo que nos indica que la planta se satura más lento que a las concentraciones de 30 y 40 ppm con las que las columnas se saturaron fácilmente. La caracterización estructural de la macrófita por espectroscopia de infrarrojo reveló la presencia de grupos funcionales como carboxilos (-C=O) e hidroxilos (-OH) que pueden ser los principales responsables del proceso de adsorción del metal. Esta especie de macrófita resultó ser eficiente en su forma inerte obteniéndose resultados comparables a los reportados en trabajos en donde la planta es usada viva para remover metales pesados, lo que es de gran interés ya que, con este tipo de ecotecnología, no se generan residuos peligrosos, es de bajo costo y se tiene la posibilidad de recuperar el metal adsorbido.

GEOH-23 CARTEL

EVOLUCIÓN HIDROGEOQUÍMICA INVERSA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL DE MÉXICO

Ramos Leal José Alfredo¹, Morán Ramírez Janete¹, López Álvarez Briseida², Santacruz de León Germán² y Carranco Lozada Simon Eduardo³
¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
²Colegio de San Luis, COLSAN
jalfredo@ipicyt.edu.mx

La evolución del agua subterránea aumenta conforme su tiempo de residencia y recorrido de su trayectoria de tal manera que aguas de reciente infiltración son bajas en concentraciones iónicas y parámetros fisicoquímicos en tanto que las aguas más evolucionadas tienen concentraciones altas en estos componentes según lo descrito por Tóth en 1999. El agua subterránea tendrá menos cantidad de sólidos disueltos en la zona de recarga y estos aumentan conforme avanza adquiriendo las características químicas asociadas a los materiales geológicos por los que circula. Según Chebotarev (1955) el agua subterránea tiende a evolucionar hacia la composición química de un agua de mar este cambio sistemático en la composición en los aniones va de (HCO_3^-) ? $(HCO_3^- + SO_4^{2-})$? $(SO_4^{2-} + HCO_3^-)$? $(SO_4^{2-} + Cl^-)$? $(Cl^- + SO_4^{2-})$? (Cl^-) . Por otro lado Miffilin (1988) muestra que en general la evolución química del agua subterránea durante su trayecto esta en función de la litología y los iones SO_4^{2-} y Cl^- tienden a aumentar y que el intercambio iónico es común en las cuencas sedimentarias por lo que las concentraciones de iones Ca y Mg disminuyen en tanto que los iones Na y K aumentan durante su tránsito. De acuerdo a esto los indicadores son bajos en flujos locales y son altos en flujos intermedios y regionales. En el caso de el karst huasteco de la Sierra Madre Oriental, la evolución regional no se desarrolla de manera normal como lo describe Chebotarev, por lo que se considera una evolución inversa $(Ca-SO_4)$? $(Ca-CO_3+Ca-SO_4)$? $(Ca-HCO_3)$. Esto también se observa en los indicadores hidrogeoquímicos SO_4+Cl y $Na+K$ utilizados

por Miffilin. En donde los valores en la zona de recarga son muy altos y en la zona de descarga son bajos.

GEOH-24 CARTEL

“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD QUE PRESENTA LA PLANTA *ELEOCHARIS BONARIENSIS* NEES ACTIVADA TÉRMICAMENTE DE REMOVER $Zn(II)$ DE AGUA CONTAMINADA EN FASE ESTÁTICA Y DINÁMICA”

Caballero Gómez María de los Angeles, Vega González Marina y Muñoz Torres María Carolina
Centro de Geociencias, UNAM
angeles.caballero@outlook.com

La contaminación del agua con metales pesados es un problema actual que se origina por la creciente actividad industrial. En este trabajo se utilizó la planta *Eleocharis bonariensis* nees como bioadsorbente para remover $Zn(II)$ de un medio acuoso en fase estática (batch) y dinámica (sistema de columnas). La cuantificación del metal remanente en la solución, después del contacto con la planta, se obtuvo por AAS. Por medio de experimentos batch se determinó que la temperatura de activación de la planta fue de 400 °C al aumentar su capacidad de remoción de un 69% (a 200 °C) a más del 92%, lo que puede deberse principalmente al aumento en su área superficial. El pH en el intervalo de 4 a 6, no tiene un efecto importante en el proceso de remoción, el porcentaje de $Zn(II)$ removido fue por arriba del 99%. Las dosis evaluadas, 0.075, 0.1 y 0.15g/15ml, tampoco afectaron de manera significativa el desempeño de la macrófita, igualmente el porcentaje fue mayor al 99% para los tres casos, como para las diferentes concentraciones iniciales del metal (10, 20, 30, 40 y 50 mg/L). La modificación de la fuerza iónica del medio, con la adición de NaCl a 0.001, 0.01 y 0.1 M, no influyó en la capacidad de adsorción de la biomasa, es decir, no existe competencia entre los iones de Na(I) y los de $Zn(II)$ por los sitios activos. La caracterización estructural de la *Eleocharis bonariensis* nees, por medio de espectroscopia de infrarrojo, revela una estructura compleja cuyos principales grupos funcionales son el -OH, -CH₂-, -CH₃-, -C=O y -C=C-, de los cuales el grupo carboxilo e hidroxilo se han reportado como activos en procesos de remoción de metales. La macrófita está constituida también por una parte inorgánica identificada por la presencia de grupos Si-O, los cuales son evidentes a medida que la parte orgánica va desapareciendo con el tratamiento térmico. La capacidad de remoción de la planta activada a 400 °C también fue evaluada en fase dinámica, para lo que se usaron columnas de lecho fijo y flujo ascendente impulsado por una bomba peristáltica. Se evaluó la influencia de diversos factores sobre el desempeño de la biomasa como la concentración inicial del metal (10, 30 y 50 mg/L a un pH de 6), la velocidad del flujo (0.067 ml/min y 0.138 ml/min) a la misma altura de lecho y la altura del lecho (1 y 2 cm) con la misma velocidad de flujo. La *Eleocharis bonariensis* nees activada térmicamente tuvo un mejor desempeño en un sistema dinámico a una altura de 2 cm de lecho, con un flujo de 0.067 ml/min y tiene mayor capacidad de adsorción a concentraciones bajas de $Zn(II)$ (10 mg/L). La planta *Eleocharis bonariensis* nees tiene un importante potencial como alternativa para la remoción de metales pesados de medios acuosos por su fácil obtención, bajo costo y alta capacidad de remoción.

GEOH-25 CARTEL

ESTRATEGIA PARA LA MODELACIÓN DE PRUEBAS DE BOMBEO CONSIDERANDO FLUJO DE CALOR EN LAS CAPAS PROFUNDAS DE LA CUENCA DE MÉXICO

Ortiz Quintero Eleazar¹, Briseño Ruiz Jessica², Morales Casique Eric² y Escolero-Fuentes Oscar²
¹Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM
²Instituto de Geología, UNAM
geoelazar@gmail.com

La búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento de agua en la Ciudad de México, ha llevado al Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) junto con otras instituciones a la exploración de posibles reservorios de agua que se encuentren muy por debajo (más de 500 metros de profundidad) del acuífero hoy en día en explotación. Como respuesta a lo anterior, en el año 2012 el SACMEX perforó un pozo exploratorio denominado “San Lorenzo Tezonco” (SLT), ubicado al oriente de la ciudad. Este pozo cuenta con 2,008 metros de profundidad y fue perforado con el propósito de estudiar las capas medias y profundas que conforman esta zona, así como determinar la permeabilidad de los distintos estratos y analizar la profundidad y capacidad del acuífero. La información del pozo SLT presenta implicaciones científicas importantes, ya que el estudio, análisis de los datos y características del pozo pueden permitir obtener información relacionada con el comportamiento hidrogeológico de las formaciones acuíferas profundas, de las cuales se conoce muy poco. Una de las características más significativas del pozo SLT además de su profundidad, es la información de temperatura del agua subterránea recabada a diferentes profundidades. La distribución espacial de temperaturas en un acuífero depende de las conductividades térmica (?) e hidráulica (K) del medio y su capacidad calorífica (Cc), así como del patrón de flujo del agua subterránea. En el subsuelo los parámetros hidrogeológicos y térmicos pueden variar tanto lateral como verticalmente, y son parámetros necesarios para entender y modelar el flujo acoplado de agua y calor en el medio hidrogeológico. En este trabajo planteamos la interpretación de las pruebas de aforo del pozo SLT mediante la modelación matemática utilizando el método de elemento finito y un código numérico

(FEFLOW) que permita acoplar el flujo de agua y de calor; la complejidad del problema requiere incorporar la densidad, viscosidad del agua y permeabilidad del medio. La estrategia de modelación incluye: 1) la realización de un análisis detallado de la información del pozo y de diversos estudios previos para establecer el modelo conceptual; 2) la discretización espacial y temporal del modelo y la determinación de los esfuerzos del sistema (bombeo, recarga, entradas de flujo, condiciones de frontera y las condiciones iniciales); 3) la implementación y calibración del modelo de simulación, tomando en cuenta el acoplamiento de las ecuaciones que gobiernan la modelación del flujo y el transporte de calor; 4) la determinación del error y sensibilidad del modelo. Presentamos los resultados preliminares de la simulación, suponiendo en principio un acuífero confinado en un medio homogéneo e isotrópico, proponiendo flujo horizontal y radial hacia el pozo.

GEOH-26 CARTEL

METODOLOGIAS PARA LA DETERMINACIÓN DE CONECTIVIDAD HIDRÁULICA ENTRE DOS CUENCAS HIDROGEOLOGICAS

Torres Sonia¹, Ramos Leal José Alfredo², Dávila Harris Pablo² y Carranco Lozada Simon Eduardo²
¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
²IPICYT
 sonia.torres@ipicyt.edu.mx

Se presentan los avances de un estudio de conectividad hidráulica en un acuífero kárstico (presencia de cavernas por disolución de rocas calcáreas) en el estado de San Luis Potosí, México. Los espacios interconectados entre ellos generan la circulación del agua a través del subsuelo, la interacción agua-roca, la hidrogeoquímica del acuífero y la predicción de la procedencia del agua. El área de estudio se encuentra ubicada en el centro del estado de San Luis Potosí, en la porción occidental del Cinturón de Pliegues y Cabalgaduras que conforma la Sierra Madre Oriental, su morfología es el resultado de la tectónica laramídica que dio origen a dicha sierra, con anticlinales y sinclinales orientados localmente Norte-Sur. La geología local está comprendida principalmente por dos unidades geológicas: la Formación el Abra (Cretácico superior) y la Formación Guaxcamá (Cretácico inferior, medio superior). La primera consiste de calizas arrésciales, donde la disolución ha producido hundimientos superficiales dando como resultado una morfología kárstica, con dolinas, poljes y conductos que controlan el flujo subterráneo. Le subyace la Formación Guaxcamá, la cual está formada por rocas evaporíticas (anhidritas) del Cretácico inferior, presentemente impermeables. Las unidades del Mesozoico están cubiertas en sus partes topográficamente más bajas por depósitos aluviales del Cuaternario, sin tener esto influencia en el sistema acuífero. El objetivo del presente trabajo es realizar una caracterización de la conectividad hidráulica entre la cuenca endorreica de Joya de Luna (topográficamente más elevada entre los paralelos 22° 05' y 22° 56' de latitud norte y entre los meridianos 100° 07' y 100° 28' de longitud oeste) y la cuenca de Cerritos en la zona de descarga de Guaxcamá (con elevación aproximada de 1100 msnm y 1400 msnm). Se utilizan dos metodologías: 1) se aplican trazadores pigmentados de diferentes colores (esporas Lycopodio) en la zona de recarga y se monitorea en la zona de descarga (Zona de Guaxcamá); 2) Se realiza una identificación de polen y esporas de la diversidad de flora en zona de recarga y en la zona de descarga. Se presentan resultados preliminares para determinar la conectividad hidráulica que existe entre Joya de Luna y Guaxcamá.

GEOH-27 CARTEL

ANÁLISIS GEOQUÍMICO, MODELACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA QUE ABASTECE A LA ZONA DE MORELIA, MICHOACÁN MÉXICO.

Estrada Murillo Aurora María
 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH
 aurora_estrada@yahoo.com.mx

El acuífero de la ciudad de Morelia, ha sido una zona de estudio muy asidua en diferentes programas de estudio, lo cual permite encontrar variedad de puntos de vista y avanzar en el conocimiento amplio cuasi real de la zona. En este trabajo se realiza una recopilación de esos estudios realizados en el acuífero de la ciudad de Morelia, por las diversas disciplinas, así como la implementación de un estudio geoquímico a través de la calidad del agua, en distintos pozos de extracción en la zona, cuyos pozos son seleccionados discretamente de acuerdo a su ubicación en relación a la geometría de la zona y su delimitación por las fallas que la atraviesan y los bloques formados en consecuencia por ellas. Se relaciona el análisis geoquímico, la geología, la geología estructural, la hidrogeología, entre otras áreas, sobre el comportamiento del acuífero a través de una modelación utilizando un software que permita limitar las condiciones frontera e identificar las condiciones de flujo, interpretando el comportamiento y las propiedades del acuífero que abastece a la zona de Morelia, a través del método integral de diferencias finitas empleando el software MODFLOW 3.1.

GEOH-28 CARTEL

USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICAS APLICADAS A LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA EN EL VALLE DE QUERÉTARO Y ALREDEDORES.

Rojas Ortega Edgar, Galván Jesús, García Chávez Jafet, Martínez Ramírez Ángeles y Steinich Birgit
 Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, IPICYT
 edgar.rojas@ipicyt.edu.mx

En los últimos años la sobreexplotación de acuíferos someros en zonas urbanas se ha vuelto una situación cada vez más alarmante; tal es el caso del acuífero del Valle de Querétaro, donde la extracción del agua subterránea ha causado una acelerada reducción en los niveles piezométricos. Por esta razón los estudios para identificar zonas con potencial de recarga tanto artificiales como naturales se vuelven de vital importancia, especialmente en zonas como la del Valle de Querétaro, donde el crecimiento urbano ha incrementado de manera significativa. Por otro lado, la integración de sistemas de información geográfica (SIG) en los estudios para estimar áreas con potencial de recarga hídrica se han vuelto una poderosa herramienta cada vez más utilizada, que lejos de sustituir el trabajo de campo, lo complementan permitiendo el desarrollo de campañas de campo más adecuadas y eficientes. El presente trabajo propone zonas con potencial de recarga (artificial y/o natural) en el valle de Querétaro y parte del estado de Guanajuato basado en la integración de diferentes técnicas de percepción remota y SIG. Los estudios realizados para este trabajo abarcan análisis geológico-estructurales, edafológicos, de uso de suelo y vegetación, así como de información climatológica de precipitación y evaporación del área de estudio. El conjunto de datos obtenidos fueron procesados para realizar una combinación algebraica de las distintas capas de información, dando como resultado un mapa de potencial de recarga para la zona de estudio. Este trabajo podría ser de gran utilidad para estudios geohidrológicos posteriores en la zona, o bien para futuras obras hidráulicas.