

Sesión regular

# **Geohidrología**

Organizadores:

Rogelio Vázquez González

José Alfredo Ramos Leal

Jaime Carrera Hernández

Edgar Yuri Mendoza

## GEOH-1

## PANORAMA ACTUAL DE LOS MÉTODOS GEOFÍSICOS EN LA EXPLORACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

Sanchez Galindo Luis Alfredo<sup>1</sup> y Pita de la Paz Carlos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional

<sup>2</sup>Geotem Ingeniería S.A de C.V  
geofisaplicada@gmail.com

La localización del agua subterránea se presenta como un reto de alta complejidad para la actividad geofísica de exploración considerando diferentes escenarios ya sea sobre los litorales costeros donde el objetivo principal es la caracterización de la intrusión salina, en regiones semiáridas buscando agua de buena calidad o bien ya sea en cualquier otro tipo de entorno, las metodologías de adquisición geofísica son adaptables al objetivo de estudio. Al analizar el estado tecnológico actual, existen algunas preguntas fundamentales que hacerse respecto a estudios de carácter hidrogeológico; preguntas que tienen que ver con la aplicabilidad de los métodos geofísicos en este campo de las Ciencias de la Tierra. ¿Dónde está el agua?, ¿Cuánta hay?, ¿Cuál es su calidad? Y quizás una de particular interés ¿Existen métodos geofísicos capaces de aportar información confiable? En definitiva la respuesta a esta última pregunta es afirmativa y se busca justificar el porque. Los métodos de exploración geofísica son una herramienta útil en la prospección de recursos naturales; en este trabajo se aborda la aplicación de los métodos Electromagnéticos de fuente controlada y fuente natural como apoyo en la caracterización hidrogeológica en situaciones geológicas complejas desde un punto de vista histórico, científico y tecnológico. Se presentan las tendencias actuales en lo referente a la instrumentación y metodologías de campo con el objetivo de identificar los beneficios, ventajas y limitaciones de los mismos.

## GEOH-2

## RED TEMÁTICA DE INVESTIGADORES SOBRE AGUA EN LA FRONTERA MÉXICO-GUATEMALA-BELICE (RISAF)

Frausto Oscar<sup>1</sup>, Kauffer Edith<sup>2</sup> y Thomson Luisa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Quintana Roo

<sup>2</sup>CIESAS

<sup>3</sup>RISAF

fraustomartinezoscar@gmail.com

La RISAF fue creada en el año 2000 través de un financiamiento integrado como Fondo Sectorial entre el CONACYT y la CONAGUA con el fin de atender temas prioritarios en la región frontera sur de México. La RISAF pretende ser el eje articulador de esfuerzos, y detonador de posibilidades de colaboración multilateral en investigación que rebasa los límites políticos. La investigación sobre agua en esta región está dispersa, no cubre todas las problemáticas existentes y presenta rezagos con respecto a otras partes de México y una importante asimetría con la frontera norte del país. En una primera instancia se identificaron seis ejes temáticos: Manejo integral de cuencas y recursos hídricos; calidad del agua; Hidrometeorología e hidrología; Participación ciudadana y comunitaria; políticas del agua en el ámbito nacional y local; y dimensión transfronteriza del agua. Durante los últimos quince años, la red ha mantenido reuniones constantes, proyectos de colaboración nacional e internacional, firma de acuerdos y convenios, así como publicación de los resultados de sus investigaciones. A partir del 2013, se solicitó el ingreso de la RISAF a las redes temáticas del CONACYT con el fin de fortalecer su estructura y presencia a nivel nacional. Actualmente, la RISAF cuenta con 91 integrantes entre investigadores, estudiantes y profesionales independientes; Los integrantes de la RISAF provienen de 26 instituciones de educación superior e institutos de investigación, seis dependencias gubernamentales y ocho organizaciones civiles. Finalmente, cabe destacar la presencia activa de investigadores y estudiantes de Belice, Guatemala y El Salvador con quienes se comparten problemáticas del agua estudiadas por diversas disciplinas del conocimiento.

## GEOH-3

## MODERACIÓN NUMÉRICA DE FLUJO EN UN SISTEMA RÍO-ACUÍFERO, BAJO INFLUENCIA DE UN POZO RADIAL

Mendoza Cázares Edgar Yuri, Hernández López Rubén Dario y Hernández Laloth Noel

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA  
edgar\_mendoza@tialoc.imta.mx

Los pozos radiales se utilizan como fuentes de abastecimiento a poblaciones ubicadas en las cercanías de cuerpos de aguas superficiales contaminadas o con grandes cargas de sedimentos. Los pozos extraen inicialmente agua del acuífero y posteriormente inducen que el agua superficial se infiltre al subsuelo y se extraiga posteriormente mediante los pozos. Los contaminantes y sedimentos presentes en el agua superficial son retenidos en los sedimentos del subsuelo por lo que el agua que se extrae es de mejor calidad. Lo anterior depende de la granulometría del subsuelo, calidad del agua superficial y subterránea, espesor de los estratos geológicos, profundidad al nivel freático, tirante de agua en el cuerpo de agua superficial, entre otras variables. Hantush y Papadopoulos (1962) propusieron una solución analítica en términos de una función del pozo que describe la distribución de los descensos de la carga hidráulica (s) en la cercanía de pozo

radial (colector) en condiciones estables ( $S_y \neq h/t=0$ ), para acuíferos confinados y libres donde se considera homogeneidad, isotropía en el medio. Las soluciones propuestas consideran tiempos cortos, largo de bombeo y la influencia de un flujo completamente penetrante. Otro tipo de metodología para estimar la variación de las cargas hidráulicas es la solución numérica que resuelve la ecuación de flujo en un medio poroso. La metodología requiere conocer un marco de referencia de las variables geohidrológicas como son: Carga hidráulica (h); su variación espacial y temporal, conductividad hidráulica (K), transmisividad (T), coeficiente de almacenamiento (S), límites del modelo, condiciones iniciales y esfuerzos (volúmenes de extracción), para construir un modelo que estime la variación espacial y temporal de la carga hidráulica, así como las direcciones del flujo. Durante el proceso de construcción del modelo numérico, es necesario analizar la información geohidrológica disponible y particularmente en el caso de la estimación de K, T, S se requiere de la interpretación de los ensayos de bombeo. La modelación es una herramienta útil que requiere de parámetros de control (mediciones reales) de la carga hidráulica para determinar el grado de error de las simulaciones, implementar las técnicas utilizando los resultados analíticos, como parámetro de calibración de soluciones numéricas, de las cargas hidráulicas, permitirá plantear escenarios con arreglos distintos. La información generada es de aplicación directa para el diseño de las obras.

## GEOH-4

## CORRELATION OF SURFACE WATER—GROUNDWATER—SURROUNDING GEOLOGY IN THE ACUÍFERO DE INDEPENDENCIA IN THE SAN MIGUEL DE ALLENDE REGION, MEXICO: A BI-NATIONAL STUDENT RESEARCH PROGRAM

Rodríguez Rodrigo<sup>1</sup>, Li Yanmei<sup>1</sup>, Knappett Peter<sup>2</sup>, Giardino John<sup>2</sup>, Hernandez Horacio<sup>1</sup>, Rowley Taylor<sup>2</sup>, Avilés Manuel<sup>1</sup>, Price Amy Price<sup>2</sup>, Granados Raquel<sup>2</sup>, Piña Viridiana<sup>3</sup>, Rhodes Kim<sup>2</sup> y Gómez Nicolas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guanajuato, UG

<sup>2</sup>Texas A&M University

<sup>3</sup>Universidad de Guanajuato, UG  
rodrigo\_guez09@yahoo.com

The Acuífero de Independencia (AI) in the State of Guanajuato, extends some 6,840 km<sup>2</sup>. Our Bi-National research program integrated two Universities: Universidad de Guanajuato (UG) and Texas A&M University (TAMU) in studying the surface and groundwater of this aquifer. The study focused on wells throughout the aquifer and the drainage basin of the Laja River, which discharges into the Ignacio Allende reservoir. The wells in the San Miguel de Allende region have a historic local drawdown rate of ~1 m/yr. Various methods were employed to identify the physical and chemical characteristics of the AI to assess its vulnerability. Electrical Resistivity Tomography (ERT) was used to examine the interaction of the Laja River with the AI in various locations. The floodplain of the river has four terraces cut into the erodible materials of the Laja River. The terraces suggest a down-cutting river adjusting to changes in base level. The discharge of the river fluctuates from full to completely dry for much the year. Interpretation of the ERT imagery suggests that the bed of the Laja River has a composition that changes from gravel to mixed sandy-silts and silty-sands. Agriculture, industry, and an expanding human population are responsible for the increased demand for water. As a result of this growing demand, deep, more expensive, wells are being drilled throughout the region. As wells penetrate deeper parts of the AI, several cases of toxic levels of Arsenic (As) and Fluoride (F) have been reported. To understand the interaction between groundwater and the surrounding geology. The analysis implies that either the lithology is not reactive, or the water is very young. This Bi-National Approach on Research and Education brought with it an added benefit of interaction of cultural backgrounds and the basis for future collaboration projects between both universities.

## GEOH-5

## CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DEL ACUÍFERO POTRERO DEL LLANO, CHIHUAHUA, MÉXICO PORCIÓN NORTE

Baca Sánchez Diana Gissel, Santana Zuverza Andrea Larissa y De la Garza Aguilar Rodrigo

Universidad Autónoma de Chihuahua  
d.baca244664@gmail.com

El agua es un recurso de gran importancia y una administración adecuada nos ayuda a suministrar y cuidar los recursos que tenemos en materia de hidrología, la modelación de un acuífero nos ayuda a administrar la naturaleza, la distribución, calidad y el movimiento del agua subterránea antes de que este sea sobreexplotado. El área de interés se localiza en la parte noreste del estado de Chihuahua, con coordenadas UTM 452,786.9 en X y 3,174,669.9 en Y, ocupando un área aproximada de 2,491 km<sup>2</sup>. Sabemos que en el estado de Chihuahua, los climas más abundantes son los áridos, por tanto la vegetación es casi nula, típica de las zonas desérticas. El acuífero Potrero del Llano pertenece a la región RH24. Es la región de mayor relevancia en la entidad, el drenaje es poco definido y en algunas porciones dentrítico y en otras subparalelo, está conformado por corrientes que tienden a desembocar en el río Bravo y éste a su vez en el Golfo de México. El rasgo hidrográfico más importante del área de estudio lo constituye el río Conchos que

prácticamente atraviesa el área de sur a norte, donde luego más adelante cambia su dirección hacia el noreste para tributar sus aguas a la presa Luis L. León (El Granero). La investigación tiene como título “CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DEL ACUÍFERO POTRERO DEL LLANO, CHIHUAHUA, MÉXICO, PORCIÓN NORTE”. El objetivo de este estudio es medir la cantidad de agua que contiene el acuífero para actualizar estudios anteriores realizados en dicho lugar durante el año 2006 por la licenciada Carolina Holguín Carrasco quien obtuvo un modelo matemático y niveles piezométricos. Para lograr dicho objetivo realizamos geofísica por el método de Schlumberger utilizando equipo STING R1 y abriendo electrodos a 1000 metros de A-B (visualizando una profundidad de 500m aproximadamente) para determinar el basamento del acuífero Potrero del Llano, e interpretando los datos obtenidos con el software adecuado. Al obtener la cantidad de agua que existe en el acuífero sabremos como suministrarla para los diferentes usos, teniendo en cuenta las cargas y descargas que surgen en él. Ya concluido el trabajo se pretende haber obtenido la información adecuada para comprobar el contenido de agua en el acuífero Potrero del Llano y así considerar si es suficiente para proyectos futuros sin impactar el medio ambiente.

GEOH-6

### MODELO FÍSICO PARA SIMULAR LA RECARGA ARTIFICIAL DE UNA PORCIÓN DEL ACUÍFERO TABALAOPA-ALDAMA, CHIHUAHUA, MÉX.

Chávez Chávez Heber Elías<sup>1</sup>, Pinales Munguía Adán<sup>1</sup>, Rodríguez Pineda José Alfredo<sup>2</sup>, Tonche Ramos Agustín<sup>1</sup>, Silva Hidalgo Humberto<sup>1</sup> y Villalobos Aragón Alejandro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH

<sup>2</sup>World Wildlife Fund, Inc (Chihuahua)

chavez\_helias@hotmail.com

Un modelo es un dispositivo que representa una aproximación de campo. Los modelos de agua subterránea son modelos matemáticos que se pueden utilizar para predecir la respuesta de los acuíferos ante estímulos tales como el bombeo de pozos, recargas naturales, etc. Con el fin de analizar y evaluar alternativas que produzcan mayor beneficio social, económico y ambiental (Sandoval 2004). Existen dos tipos de modelos: los modelos matemáticos y los modelos físicos. Los modelos matemáticos simulan indirectamente el flujo de agua por medio de una ecuación general que representa un proceso físico que ocurre en un sistema real, y el modelo físico simula el flujo de agua subterránea a través de columnas o estructuras en laboratorio a escala. La presente investigación forma parte del proyecto titulado “Estudio del Almacenamiento, inducción y recarga de agua de lluvia en acuíferos de Chihuahua, Chih., 1era y 2da Etapa”, financiado por la alianza World Wildlife Fund, Inc., (WWF)-Federación Gonzalo Río Arronte (FGRA) y la Facultad de Ingeniería (UACH), y el objetivo de esta parte de la investigación es implementar un modelo físico que simule los procesos de recarga artificial en la porción noroeste del acuífero Tabalaopa-Aldama, ubicado en Chihuahua, Chih., México. Para ello se construyó en el laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería (UACH), un modelo físico el cual consiste en una estructura metálica de forma rectangular de 3X4 m en planta, con paredes de vidrio templado de un metro de altura. En éste se instalaron 46 piezómetros de monitoreo fabricados de tubos metálicos de 1” de diámetro, que también pueden ser utilizados como pozos de extracción y de inyección. Posteriormente, se realizaron levantamientos geológicos y topográficos, análisis de los rasgos geomorfológicos, hidrogeológicos, sondeos eléctricos verticales (SEV’s) con arreglos de Schlumberger y Wenner, así como también perforaciones para conocer con exactitud la litología del lugar. Se elaboró un mapa conceptual respecto a los materiales encontrados y se determinó un escalamiento y acomodo de los materiales granulares que se implementarán en el modelo físico. Una vez construido el modelo físico, con los materiales geológicos del área de estudio, se simularán los procesos de recarga artificial (Recarga superficial y recarga directa). Durante la simulación de los procesos de recarga se obtendrán parámetros que describen el comportamiento del sistema formado por el modelo físico. Los resultados obtenidos deben utilizarse como parámetros de entrada en la modelación matemática, con el fin de predecir el comportamiento ante estímulos como la recarga artificial. Por último se compararán los resultados obtenidos del modelo físico con los obtenidos mediante el modelo matemático.

GEOH-7

### ESTIMACIÓN DE LA RECARGA DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO EL SAUZ-ENCINILLAS MEDIANTE MODELO DE FLUJO

Pinales Adán, Silva Hidalgo Humberto, De la Garza Rodrigo, Villalba María de Lourdes y Espino María Socorro  
Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería  
pinalesm@yahoo.com.mx

La simulación o la modelación del agua subterránea en medios granulares por lo general es compleja, sin embargo, la modelación en los medios fracturados es aún más compleja. En México, la mayor parte de los 653 acuíferos incluyen estos dos medios y no es la excepción el acuífero El Sauz-Encinillas. La modelación del agua subterránea se puede enfocar principalmente al medio granular y en menor medida al medio fracturado o viceversa, dependiendo del propósito de la modelación. Por lo tanto el objetivo de esta investigación fue determinar la recarga total del acuífero El Sauz-Encinillas, incluyendo tanto el medio granular como el fracturado. Para

construir el modelo de flujo, primeramente se utilizó la delimitación del acuífero de acuerdo con la CONAGUA, posteriormente se construyó el modelo conceptual, el modelo numérico, se zonificó la recarga, se calibró, se realizó el análisis de sensibilidad y se determinó la recarga del acuífero. El acuífero El Sauz-Encinillas se localiza en la porción centro-norte del estado de Chihuahua, comprende una superficie de 2,743 km<sup>2</sup>. Éste acuífero está formado por un valle aluvial, donde en las partes altas (al poniente del acuífero) están compuestas principalmente de material volcánico que puede o no estar fracturado. Las zonas fracturadas pueden funcionar como áreas de recarga y a profundidad cuando no están fracturadas funcionan como basamento. La parte central del acuífero está constituido por material del suelo como arcilla, limos, arenas, gravas y boleos sin saturación o parcialmente saturados. Subyaciendo a la anterior se encuentran materiales granulares, tales como arenas, gravas, boleos y conglomerados que pueden o no estar cementados. Los materiales sueltos tienen buena permeabilidad en conjunto. Subyaciendo a los anteriores se encuentra la riolita, que en su parte superior puede estar fracturada y a profundidad se puede considerar como prácticamente impermeable. La zonificación y la estimación previa o inicial de la recarga difusa se realizó considerando principalmente el uso de suelo y la vegetación y el material geológico. La simulación hidrodinámica del acuífero se efectuó mediante el código de computadora MODFLOW, desarrollado en el Servicio Geológico de los Estados Unidos de América (USGS). Los valores de la recarga difusa se le asignaron al modelo como valores iniciales a cada una de las diferentes zonas, en función de su distribución dentro del acuífero, posteriormente, estos valores se ajustaron combinando el procedimiento automatizado (PEST) con el de ensayo y error. Por lo que la recarga difusa determinada a través de la calibración del modelo matemático resultó en 65.1 hm<sup>3</sup>/año.

GEOH-8

### MODELACIÓN DE 3D DE UNA FOSA TECTÓNICA EN EL ALTIPLANO MEXICANO, PARA COMPRENDER EL SISTEMA DE FLUJO PROFUNDO DE AGUA SUBTERRÁNEA

Krienen Lisa, Rúde Thomas R., Cardona Benavides Antonio y López Loera Héctor  
Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen, RWTH Aachen  
krienen@hydro.rwth-aachen.de

El recurso más importante del Altiplano mexicano es el agua subterránea, que ha estado sujeta a extracción intensiva desde hace los años 1970, lo que ha generado abatimiento de los niveles de agua en los pozos. La administración del agua en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes, Chihuahua entre otros, requiere una forma nueva de proceder que no sólo siga el ritmo de la demanda de agua, sino que se anticipe a ella. La fosa tectónica de San Luis Potosí fue seleccionada para continuar con la comprensión de sus recursos de aguas subterráneas profundas. Evaluando los datos hidrogeológicos y climáticos, un modelo hidrogeológico se desarrollará terminando en un modelo de flujo. En un primer paso, un modelo geológico detallado de la fosa tectónica es desarrollado usando una nueva herramienta de modelación 3D, con la que es posible de representar las fallas normales sepultadas por el material de relleno. Las trazas de las fallas están derivadas de cortes litológicos de pozos y de recientes evaluaciones de mediciones aeromagnéticas. De estudios anteriores se verificó que las fallas normales constituyen los principales conductos para el ascenso del agua termal hacia la zona de captación de pozos. Esos resultados serán comparados con los resultados disponibles de temperatura del agua profunda y composición química especialmente con sodio, litio y fluoruro que son los principales indicadores del agua profunda. En una segunda etapa, el modelo geológico será implementado en un programa numérico (Feflow) para proyectar y cuantificar los flujos regionales que ascienden por el sistema de fallas.

GEOH-9

### ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN POTENCIAL DE RECARGA GENERADO A PARTIR DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PRESA DE GAVIONES EN EL ACUÍFERO CHIHUAHUA-SACRAMENTO.

López Terrazas Aracely, Estrada Gutiérrez Guadalupe Irma, Silva Hidalgo Humberto, Villalobos Aragón Alejandro y Madrigal Vásquez Fabricio Alan  
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
aralopez@uach.mx

Durante las últimas décadas el acuífero Chihuahua-Sacramento se ha visto afectado por periodos con precipitaciones muy escasas, generando una sobreexplotación de los recursos hídricos disponibles, y consecuentemente, una disminución significativa de los niveles de agua subterránea. Con el objetivo de atender esta problemática, se realizó un análisis hidrogeológico del acuífero para delimitar zonas potenciales para recarga artificial. La delimitación de estas zonas está sujeta a las características hidrogeológicas locales y el tipo de obra que se esté considerando. Para el desarrollo de este proyecto se seleccionó el método de modificaciones en el interior del cauce, mediante la construcción de una presa filtrante de gaviones, la cual tiene el objetivo principal de disminuir la velocidad de los escurrimientos de la cuenca, favoreciendo la retención e infiltración del agua y permitiendo la recarga del acuífero. El éxito de un proyecto de recarga dependerá de la condiciones físicas locales, ya que éstas determinan la capacidad de agua a percolarse a través del acuífero

y la capacidad del acuífero para almacenarla, por lo tanto, la delimitación de las zonas potenciales de recarga es la base para el desarrollo de cualquier proyecto de recarga artificial de acuíferos. La identificación de dichas zonas está sujeta a los siguientes parámetros: (1) Tipo, textura y estructura del suelo, que inciden en la tasa de infiltración y percolación a mayor profundidad (la permeabilidad será más baja entre más fina sea la textura); (2) unidades hidrogeológicas, que subyacen al estrato de suelo y agrupan las unidades geológicas que tienen características hidrogeológicas similares como la conductividad hidráulica (el análisis geológico estructural de mayor importancia); y (3) Tamaño de la cuenca, que es fundamental como área de captación de la precipitación, cuando ésta es la fuente de agua susceptible de introducirse artificialmente al acuífero y a su salida es en donde se ubicaría la presa filtrante o el estanque de infiltración. Para la identificación de dichas zonas se realizó un análisis de superposición de coberturas (intersección de capas) en un sistema de información geográfica, en el cual se trabajó con las capas de permeabilidad de los suelos, unidades hidrogeológicas, elementos geológicos estructurales y capacidad de almacenamiento en km<sup>2</sup>, permitiendo de esta manera la combinación de las bases de datos, dando como resultado una nueva entidad espacial denominado mapa de concentraciones, en el cual se puede observar la relación que existe entre los tres elementos. Como caso demostrativo para la estimación de los volúmenes potenciales de recarga generados a partir de la construcción de una presa de gaviones, se seleccionó una cuenca de 55.74 km<sup>2</sup> en la zona noroeste del acuífero. Esta cuenca se encuentra dentro de una zona de permeabilidad alta, boquilla pequeña y valores de precipitación altos. El análisis geomorfológico de la cuenca muestra que el volumen anual de escurrimiento es de 2.82 hm<sup>3</sup>, de los cuales mediante la construcción de una presa de gaviones con una altura efectiva de 10 m se aprovecharía el 39% permitiendo generar una recarga al acuífero.

## GEOH-10

### PROYECTO DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS EN LA ZONA DE LOS OJOS DEL CHUVÍSCAR, CHIHUAHUA, MÉXICO

Silva Hidalgo Humberto<sup>1</sup>, González Núñez Miguel Ángel<sup>1</sup>, Pinales Munguía Adán<sup>1</sup>, Alonso Guzmán Carlos Daniel<sup>1</sup>, Espino Valdés María Socorro<sup>1</sup>, Villalba María de Lourdes<sup>1</sup> y De la Garza Aguilar Rodrigo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH y Junta Central de Agua y Saneamiento silvahi@gmail.com

El agotamiento de los volúmenes de agua subterránea, debido al aprovechamiento en cantidades superiores a la capacidad natural del sistema acuífero, es cada vez más frecuente. La atención del problema mediante mecanismos previstos en la legislación mexicana, pueden llegar a ocasionar problemas sociales y económicos (actos de autoridad) o tomar mucho tiempo en lograr acuerdos e instrumentos (reglamentos) y, consecuentemente, en ofrecer resultados plausibles. La recarga artificial de acuíferos es una alternativa viable que permite el incremento de la recarga total de agua subterránea, mediante la intervención humana a través de infraestructura construida ex profeso, o por la implementación de prácticas de manejo hídrico que la favorecen. En la zona de los Ojos del Chuvíscar, ubicada dentro del acuífero Chihuahua-Sacramento, aproximadamente a 20 km al suroeste de la ciudad de Chihuahua en la cuenca alta del río Chuvíscar, se encuentran 3 pozos de los que se extrae agua para el abastecimiento de la ciudad de Chihuahua; hay otros 2 pozos que están fuera de operación. Estas captaciones están perforadas en rocas volcánicas y sedimentarias altamente fracturadas que aforan en la zona, la cual observa sistemas de fallas y fracturas regionales. En el año 2004, la Junta Central de Agua y Saneamiento construyó un sistema de recarga artificial consistente en una cortina filtrante de 2 m de altura sobre el cauce del río Chuvíscar, construida con gaviones en donde afloraba roca fracturada; una galería filtrante aguas arriba de la cortina; una tubería que conduce agua hasta uno de los pozos inactivos (pozo de infiltración o recarga); un sistema de medición de caudal instantáneo y totalizador volumétrico; y un sistema de cloración en la descarga al pozo de recarga. El sistema inició operación en la temporada de lluvias del año 2004, observándose la acumulación de material granular grueso (boleos, gravas y arenas) y cantidades mínimas de finos en el vaso del embalse, hasta llenarse en el año 2008, pero sin impedir su función de obra de retención temporal y derivación de agua superficial, debido a la alta permeabilidad del material acumulado. El sistema permite la captación del agua superficial que se genera por la lluvia en la cuenca hidrográfica de aproximadamente 44 km<sup>2</sup>, así como la recarga directa mediante el pozo y la recarga indirecta por infiltración del agua acumulada en el vaso de la presa. Previo a la operación del sistema de recarga, el caudal promedio y volumen alumbrado de los pozos en operación se disminuyó para intentar mantener los niveles de agua subterránea, posteriormente no fue necesario disminuir caudales y volúmenes alumbrados; por el contrario, en los pozos próximos al de recarga, fue posible incrementar dicho volumen alumbrado y mantener los niveles de agua subterránea. El sistema tiende a un equilibrio en el volumen alumbrado y el nivel de agua subterránea, con lo que el aprovechamiento se puede sostener sin incidir en mayores abatimientos a los observados. Estos resultados son alentadores y replicables en otros acuíferos que presenten zonas con similitud hidrológica a la de los Ojos del Chuvíscar.

## GEOH-11

### REMOCIÓN DE ARSÉNICO DE UN MEDIO ACUOSO UTILIZANDO EICHHORNIA CRASSIPES INERTE PRE-TRATADA A 300 °C COMO BIOSORBENTE

González Minerva, Vega Marina y Muñoz Carolina  
Centro de Geociencias UNAM, CGEO UNAM  
minerva@geociencias.unam.mx

La contaminación del agua por metales pesados representa un problema a escala mundial. En México, el arsénico en el agua ha causado severos daños a la salud en poblaciones como Coahuila (municipio Francisco I. Madero). Entre las diversas técnicas existentes para remover metales pesados de medios acuosos, la biosorción es una alternativa eficiente que utiliza biomasa para retener iones metálicos. En el presente trabajo se utilizó a la macrófita *Eichhornia crassipes* pre-tratada a 300 °C para remover arsénico de un medio acuoso bajo condiciones controladas. Las pruebas fueron realizadas en procesos estáticos (batch) a las concentraciones del metal de 0.03, 0.3 y 0.6 mg/l, a pH 4, 5 y 6, a tiempos de contacto de 60, 120 y 180 minutos y con la cantidad de 0.075, 0.15 y 0.25 gramos de biomasa por cada 15 ml de solución. Las condiciones en las que se obtuvo mayor remoción fueron pH 6, 120 minutos de tiempo de contacto y 0.075g/15 ml de solución. El porcentaje de retención del metal fue mayor al 76% para la concentración de 0.03 mg/l, mayor del 90% para 0.3 mg/l y mayor del 95% para 0.6 mg/l. Bajo las mismas condiciones, la macrófita inerte sin pre-tratamiento térmico presentó una capacidad muy baja para remover el metal, reteniendo menos del 10% a concentraciones medias y bajas del metal. Con base en estos datos, se concluye que la macrófita *Eichhornia crassipes* pre-tratada térmicamente es un biomaterial capaz de remover arsénico de un medio acuoso, con lo que representa una potencial alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas con este metal.

## GEOH-12

### ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA Y VULNERABILIDAD ACUÍFERA DE UN SISTEMA HIDROGEOLÓGICO: CASO VALLE DE SAN LUIS POTÓSÍ

Almanza Tovar Oscar Guadalupe<sup>1</sup>, Ramos Leal José Alfredo<sup>1</sup>, Santacruz de Leon German<sup>1</sup>, Lopez Alvarez Briseida<sup>1</sup> y Morán Ramírez Janete<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Potosino de Ciencia y Tecnología, IPICYT

<sup>2</sup>El Colegio San Luis, A.C.

<sup>3</sup>El Colegio de San Luis, A.C.

oscar.almanza@ipicyt.edu.mx

El Valle de San Luis Potosí (VSLP) tiene la mayor densidad de población en la zona del municipio de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, los cuales han tenido durante su historia un continuo cambio en los usos de suelo. Derivado de los de estos cambios y condiciones de entorno naturales, se tiene como consecuencia el deterioro de la calidad del agua, además de una sobre explotación del sistema acuífero causando abatimiento en sus niveles piezométricos. Debido a la situación actual del sistema acuífero es necesario evaluar la calidad del agua y la vulnerabilidad acuífera, con el fin de tener un punto de vista integral y objetivo de la problemática presente, para cubrir la necesidad de un uso adecuado y eficiente del agua. El sistema acuífero del VSLP esta formado por un acuífero colgado, un acuífero medio compuesto por material granular y un acuífero profundo formado por roca volcánica fracturada. La evaluación integral se llevo considerando el acuífero colgado, por medio de muestras de agua obtenidas en norias y se agrupo el acuífero medio y profundo, por medio de muestras tomadas en pozos. La evaluación de la calidad del agua, se consideraron aspectos de la NOM-127-SSA1-1994 e índices de calidad del agua aplicables a cada actividad (Consumo humano, uso agrícola e industrial). Para el análisis de las condiciones del acuífero, se consideró el concepto de vulnerabilidad acuífera, aplicado con la metodología "DRASTIC". Los resultados obtenidos denotan una menor calidad para el acuífero colgado en comparación al acuífero medio y profundo; sin embargo el uso del agua para actividades agrícolas va de buena a condicionada, en contraste al uso del agua para consumo humano e industrial donde mostro una mala calidad en la mayor parte del VSLP, mientras que para el acuífero medio y profundo tuvo una calidad de agua en su mayoría buena a condicionada en los tres usos. Estas diferencias corresponden por que el acuífero colgado tiene una interacción directa con los factores antropogénicos como el retorno de riego, interacción con aguas residuales, asentamientos industriales y un antecedente de actividad minera. Mientras que el acuífero medio y profundo presenta un decaimiento en la calidad del agua es propiciada por la interacción agua roca en la zona de la sierra de San Miguelito y en la zona volcánica fracturada. Los resultados de la calidad del agua tuvieron correlación con la distribución obtenida en la vulnerabilidad acuífera, en cada escenario muestran un comportamiento diferente y contrastante. Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario un manejo adecuado del recurso obtenido de cada acuífero y contemplar la afectación que sufre el sistema acuífero con los factores antropogénicos que están incidiendo en el y tener en cuenta los factores naturales existentes.

## GEOH-13

## ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS (AS, CD, FE, HG, PB, SB Y ZN) EN AGUA DE POZOS, FUENTES DE APORTE Y SU MIGRACIÓN EN LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS EL CARRIZAL Y LA MATANZA, BAJA CALIFORNIA SUR

Velázquez Pedroza Karen y Murillo Jiménez Janette Magalli  
CICIMAR-IPN  
nenaquim\_25@hotmail.com

**RESUMEN** En el estado de Baja California Sur se han identificado pozos de agua con As, lo cual se relaciona a la presencia de arsenopirita (46% As) en rocas. En el distrito minero El Triunfo-San Antonio, las rocas que se procesaron en la extracción de oro, liberaron el As en forma de arsenolita (70% As), la cual fue depositada a la intemperie en cerros de desechos. Estos minerales al contacto con el agua se disuelven, por lo que en épocas de lluvias el agua se contamina y se infiltra en el subsuelo llegando a los acuíferos. En el poblado El Triunfo, se encontró un pozo de agua con 410 µg/L de As, lo que representa un riesgo para la salud. Esta problemática está evidenciada con los resultados del estudio de As urinario, en pobladores de la región, en donde un participante presentó valores hasta de 230 µg/L de As, valor superior al Índice Biológico de Exposición (35 µg/L). El objetivo de este estudio es identificar las principales fuentes de contaminación del agua subterránea y la dirección de migración de los contaminantes hacia los acuíferos El Carrizal y La Matanza, por medio de la caracterización fisicoquímica, geoquímica e isotópica de agua de pozos. Esta información permitirá conocer la calidad del agua y la posible conexión entre acuíferos. El área de estudio se localiza en el municipio de La Paz, B.C.S. México, al suroeste de la ciudad de La Paz, en un polígono de 23.50° y 23.24° Latitud Norte y 109.94° y 110.30° Longitud Oeste. Los escurrimientos superficiales de las cuencas hidrológicas El Carrizal y La Matanza, drenan al Océano Pacífico, con un área aproximada de 607 m<sup>2</sup> y 281 m<sup>2</sup> respectivamente. El estudio incluirá muestras de agua de lluvia y de agua de 30 pozos, en tiempo de estiaje (Abril 2015) y de lluvias (Octubre 2015). La determinación fisicoquímica consiste en temperatura, pH, Eh, C.E, O.D los cuales se obtendrán in situ y en el laboratorio: Alcalinidad, Aniones (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y cationes (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>). La determinación geoquímica comprende metales y metaloides (As, Cu, Cd, Hg, Sb, Pb y Zn), y la composición isotópica considera la medición de <sup>2</sup>H, <sup>18</sup>O. Con la información obtenida de la determinación fisicoquímica, geoquímica, e isotópica de agua de pozos del agua subterránea de los acuíferos de las cuencas hidrológicas El Carrizal y La Matanza nos permitirá conocer la calidad del agua, las posibles fuentes de contaminación y la trayectoria del flujo del agua subterránea desde su origen a su descarga final e identificar si se presenta alguna conexión entre acuíferos. Todo lo anterior nos ayudara a conocer la dinámica del agua y prevenir la contaminación de los acuíferos y afectación a los asentamientos humanos.

## GEOH-14

## VARIACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE BOMBEO

Fabián Martínez Aurora<sup>1</sup> y Ortega-Guerrero Adrián<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Blvd. Juriquilla 3001, 76230, Querétaro, Qro., México.

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Blvd. Juriquilla 3001, 76230, Querétaro, Qro., México.  
afabianmtz@gmail.com

Los estudios geoquímicos del agua subterránea, en general, consideran la toma de muestras en momentos específicos del bombeo de los pozos. Sin embargo, existen evidencias de que la composición química del agua puede estar evolucionando con el tiempo de extracción, y desde luego, con la extensión del cono de abatimiento, de las aportaciones de diferentes estratos que conforman el acuífero o de la procedencia del agua subterránea en el sistema de flujo. Carrillo et al., (1996) destacan la evolución de la temperatura y de la concentración de diferentes iones disueltos con la operación de un pozo durante 5 días, en el acuífero de San Luis Potosí, sugiriendo la incorporación de agua termal de sistemas de flujo profundos o regionales. Con el fin de evaluar la variación de la temperatura y la concentración de iones mayores en el agua subterránea en la Cuenca de la Independencia (Cuenca Alta del Río La Laja) se colectaron muestras a diferentes tiempos desde el inicio del bombeo. En este trabajo se presentan y discuten los resultados de éstas pruebas y las implicaciones en el funcionamiento del agua subterránea.

## GEOH-15

## APLICACIÓN DE MODELACIÓN HIDROGEOQUÍMICA INVERSA EN UN ACUÍFERO VOLCÁNICO

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

La Modelación Hidrogeoquímica Inversa es una herramienta utilizada para definir la transferencia de masas a partir de datos químicos, mineralógicos e isotópicos observados entre dos puntos en una línea de flujo de un sistema hidrogeológico.

Esta herramienta puede ser aplicada a diferentes acuíferos como los sedimentarios, kársticos y volcánicos, en este último, es el presente caso de estudio utilizando el programa PHREEQC. Como resultado de esta modelación hidrogeoquímica se definió la evolución de las aguas subterráneas; así como, la identificación de los procesos hidrogeoquímicos en un acuífero volcánico. Para aplicar la esta herramienta, primero se realiza la caracterización hidrogeoquímica, con la cual se identificaron cuatro familias de agua subterránea: a) Na-HCO<sub>3</sub>, b) aniones Na-mixtos, c) Na-SO<sub>4</sub> y d) mezclado catión HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Asociados a tres diferentes flujos local, intermedio y regional. Con características propias de acuerdo a su tiempo de residencia, geología y actividades antropogénicas. Se propuso un modelo de mezcla con agua meteórica para la sección modelada. Se aplicó la modelación inversa en la mezcla virtual y el punto final. Los modelos resultantes identifican los principales procesos que dan origen a la evolución hidrogeoquímica del agua subterránea en este acuífero volcánico: la mezcla, intercambio iónico y la interacción agua-roca son los procesos principales.

## GEOH-16

## VARIABILIDAD INTERANUAL DE EVENTOS EXTREMOS DE FLUJOS DE AGUA DIARIOS EN CUENCAS COSTERAS DEL SUR DE OAXACA, MÉXICO.

Pérez Morga Nancy<sup>1</sup> y Kretzschmar Thomas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR

<sup>2</sup>CICESE

nperez@pampano.unacar.mx

Este estudio presenta la variabilidad interanual de los eventos extremos de flujos de agua superficial diarios en cuencas hidrológicas de Oaxaca. Estos eventos diarios fueron clasificados de acuerdo a si estuvieron relacionados con un evento de lluvia causado por algún ciclón tropical en el Pacífico o debido a alguna otra causa (lluvia orográfica local, ciclón tropical en el Atlántico u otros eventos como lluvia de eventos sucesivos). También se estudió el papel de los eventos extremos de precipitación y flujos de agua, dentro del balance de agua, en conjunto con la escorrentía observada, analizando también las diferencias y diversidad del tipo de suelo y vegetación en las diferentes regiones: Río Verde, Valle de Oaxaca, Río Tehuantepec y costa de Oaxaca. Se realizó un análisis de los eventos extremos de los flujos de agua superficial, analizando el percentil 5 y el percentil 95 de veinte estaciones hidrológicas, las cuales se agruparon de acuerdo a la regionalización derivada de un análisis de componentes principales. El volumen de la escorrentía anual fue mayor en la región 1 (Río Verde y costa de Oaxaca), mientras que durante los eventos extremos de precipitación diaria, el máximo flujo de la escorrentía fue observado en la región 3 (Río Tehuantepec). La estación de mayor varianza para flujos de agua fue la región de Río verde, en donde 34 % de los extremos de flujos de agua diarios del P95 se relacionaron con huracanes del Pacífico, 10 % con huracanes del Atlántico o lluvia orográfica y 56 % con lluvia no asociada a ningún ciclón tropical, es decir debido a precipitación que no rebasó los valores extremos, pero que fueron lluvias sucesivas, una vez que se llevó a cabo el proceso de saturación, cabe mencionar que esta región tuvo valores con menor infiltración y mayor escorrentía que el resto de la región. Los flujos base y periodos de retorno también fueron analizados.

## GEOH-17

## ESTRATEGIAS DE PROTECCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Macías Fabián Leonardo<sup>1</sup>, Magaña Virgen Miguel Enrique<sup>2</sup>, Maciel Flores Roberto<sup>3</sup> y Barajas Acosta Nélida<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara. Centro universitario de ciencias biológicas y agropecuarias.

<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara

<sup>3</sup>Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.  
leocras@hotmail.com

La Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) se encuentra establecida dentro de la delimitación geopolítica de los acuíferos Toluquilla y Atemajac. El uso de agua subterránea supera el 35% para la demanda urbana. La creciente urbanización carece de un plan de desarrollo con lineamientos ambientales, lo que previsiblemente causa la impermeabilización de Zonas de Recarga Hídrica (ZRH). Por lo que es pertinente la caracterización de las ZRH para su protección, manejo y posterior restauración. Los estudios de aguas subterráneas (AS) para la ZMG cobran cada vez mayor relevancia, ya que hoy concentra el 60% de la población total del Estado de Jalisco. Este proyecto identifica las ZRH dentro de los límites administrativos de los acuíferos Toluquilla y Atemajac. Para ello se utilizó la información vectorial del INEGI; Uso de suelo, Tipo de Vegetación, Unidades Geohidrológicas, y un Modelo Digital de Elevación (MDE), con ellas se realizó un cruce de información con la metodología de Matus (2007). Una vez identificadas las ZRH se delimitaron con microcuencas, que para este estudio funcionan como la unidad de análisis ambiental. Los vacíos legales que hoy se presentan para la protección y recuperación de ZRH, a nivel Federal, Estatal y Municipal, podrán ser plenamente subsanados a través de las ANP, LGEEPA, LGAH, se vislumbra la inclusión de las ZRH como estratégicas para la sustentabilidad de ecosistemas y ciudades. A nivel Estatal se propone la inclusión en la LEEPA y en los Planes

Parciales de Desarrollo (PPD), de cada municipio, para la ZMG el ANP se refleja en la modalidad de; Área de Protección Hidrológica; por ello se integra la visión holística donde las aguas superficiales y subterráneas son parte del ciclo hidrológico y en ello radica la salud del ecosistema y los servicios que brinda. Al realizar un balance hídrico se clasifica la capacidad de infiltración que existe en la zona ZMG de acuerdo a las variables biofísicas, esta capacidad de infiltración viene a colación con la estrategia de intervención urbana, implementando Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), los cuales con ejecuciones simples pretenden reproducir parte del ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación humana. La inclusión de las ZRH como estratégicas en la legislación vigente, junto al manejo de microcuencas y la implementación de SUDS, son una opción razonable y técnicamente viable para la potencialización, protección y recuperación de ZRH. La gestión de microcuencas incluye y no excluye, si bien la delimitación superficial se ve restringida a componentes hidrogeológicos, está, aún es la delimitación territorial más acertada, puesto que en ella se pueden localizar zonas de recarga y descarga de uno, o varios acuíferos. Por lo tanto la protección superficial de las microcuencas, dista de ser superficial.

GEOH-18

### ESTIMACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS GEOHIDROLÓGICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE REGISTROS DE NIVEL DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN RESPUESTA A FENÓMENOS NATURALES.

Fuentes Mario, Vázquez Rogelio y Glowacka Ewa  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE  
mfuentes@cicese.edu.mx

Registros del nivel del agua subterránea en pozos de monitoreo, son utilizados generalmente para estudiar la evolución del almacenamiento en el acuífero, determinar el gradiente hidráulico y así poder definir la dirección de flujo en la zona de estudio; sin embargo, en la práctica se ha observado que las variaciones del nivel del agua se correlacionan con diversos fenómenos naturales y/o antropogénicos. Siendo algunos de estos fenómenos los responsables de inducir esfuerzos y deformaciones en los materiales que conforman el acuífero y que su acción a menudo se ve reflejada en variaciones en el registro del nivel del agua en pozos de monitoreo. Técnicas de análisis en los dominios del tiempo y la frecuencia fueron aplicadas con el objetivo de identificar las componentes dominantes presentes en los registros del nivel del agua y que estas se asocian a los diferentes fenómenos que inciden en la zona de estudio. La magnitud y las características de la respuesta son controladas por las propiedades de los materiales que conforman el acuífero. Los resultados del análisis de las fluctuaciones observadas en un conjunto de pozos instrumentados con transductores de presión de registro continuo en el Valle de Mexicali, BC., son reportados. Con base en la respuesta del nivel del agua subterránea principalmente a variaciones de presión atmosférica y marea terrestre, ha sido posible estimar algunos parámetros hidrogeológicos: almacenamiento específico y porosidad, en la zona de estudio.

GEOH-19

### UTILIZACIÓN DE MODELOS NUMÉRICOS PARA ENTENDER EL ROL DE LA ZONA VADOSA EN EL PROCESO DE RECARGA NATURAL. EL CASO DEL VALLE DE AGUASCALIENTES.

Zermeño Villalobos Alfredo y Marín Hernández Martín  
Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA  
al119266@edu.uaa.mx

Se estima que anualmente se infiltran hacia los acuíferos hasta 93 km<sup>3</sup> de agua (Conagua, 2011), sin embargo, poco se sabe del papel de la zona vadosa en este proceso de infiltración y recarga de acuíferos, sobre todo en zonas en donde los niveles de agua subterránea son muy profundos. Bajo este antecedente, es necesario hacer énfasis en el proceso hidrogeológico de recarga del acuífero en el cual destaca la zona vadosa, que es la zona no saturada que transmite el agua de la superficie hasta el acuífero. En este orden de ideas es necesario entender el funcionamiento hidrogeológico de esta zona hidrogeológica en regiones áridas, como es el caso del valle de Aguascalientes, donde el espesor de dicha zona es generalmente mayor a los 100 metros y la cual está conformada en su mayoría por tres estratos dominantes, que incluye un estrato de sedimentos poco consolidados, seguido de un estrato de espesor variable de arcillas y limos y por un estrato de sedimentos consolidados. Así mismo es necesario identificar el gran número de agrietamientos del valle de Aguascalientes y como es que éstos afectan el comportamiento hidrogeológico de la zona vadosa. La metodología para el desarrollo de la investigación, consistió en delimitar el valle de Aguascalientes mediante cartas geológicas, prosiguiendo con el análisis litológico de 204 pozos y 250 registros eléctricos verticales para la determinación de la hidroestratigrafía y así realizar el modelo hidrogeológico conceptual del valle de Aguascalientes, al cual se le proporcionaron valores de permeabilidad, porosidad, densidad, entre otros, con la ayuda de pruebas de laboratorio. Posteriormente el valle se seccionó en 10 distintas perfiles, priorizando cabeceras municipales y localización de pozos con información. Una vez desarrolladas las secciones hidroestratigráficas y sus propiedades físicas e hidráulicas establecidas, se procedió con la simulación numérica, utilizando el

software COMSOL Multiphysics, y las ecuaciones de Richards. Los resultados obtenidos a la fecha indican que para que al agua atraviese la zona vadosa se requieren tiempos máximos de hasta 150 años y mínimos de 50.

GEOH-20

### EVALUACIÓN DE LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE AGUASCALIENTES MEDIANTE EL ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE NIVELES DE AGUA SUBTERRÁNEA Y DATOS DE PRECIPITACIÓN.

Guerrero Martínez Lilia y Hernández Marín Martín  
Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA  
lig2040@gmail.com

Debido a la importancia que el agua subterránea representa para el desarrollo de actividades cotidianas, sobre todo en zonas áridas y semiáridas y dado que este recurso es difícil de cuantificar directamente, es necesario obtener información de su comportamiento de recarga y descarga. Una aproximación es a través de los pozos de extracción o monitoreo, pues directa o indirectamente a través de ellos, se pueden obtener características de los niveles y su variación con respecto al tiempo, asumiendo, que el nivel final es el resultado de recarga y descarga. Con base a lo anterior, el objetivo de este estudio es realizar un análisis de ajuste de datos de variación de niveles de agua subterránea y de precipitación, para determinar condiciones de recarga natural y su aproximación numérica dentro del Valle de Aguascalientes. En lo que concierne a la metodología aplicada, el estudio se basa en el método "Water Table Fluctuation (WTF)", en el cual se estima la recarga en relación al rendimiento específico (Sy) del acuífero y del diferencial de altura del nivel estático de los pozos en un lapso de tiempo determinado. Para la obtención de información se consultaron diversas dependencias estatales dedicadas a la obtención y resguardo de datos de agua subterránea, las cuales proporcionaron información de niveles estáticos de 129 pozos a lo largo del Valle medidos durante el periodo 1985-2015, además de la obtención de datos de precipitación en las estaciones climatológicas en la zona de estudio, en relación a los valores de rendimiento específico, se permitió clasificar al Valle de Aguascalientes en tres zonas. Así pues se están analizando e identificando zonas de posible recarga y descarga dentro del Valle que han arrojado resultados de entre 0.05 mm a 28.25 mm en el periodo antes mencionado.

GEOH-21

### ESTIMACIÓN DEL FLUJO NATURAL EN UN POZO PROFUNDO UTILIZANDO REGISTROS DE TEMPERATURA

Lezama Campos José Luis y Morales Casique Eric  
Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México  
lezamac.jl@gmail.com

La perforación del pozo exploratorio profundo San Lorenzo Tezonco (2008 m de profundidad) ha permitido caracterizar las propiedades de las formaciones que se encuentran en la cuenca de México, ya que ha brindado valiosa información para su estudio. En este trabajo se realiza un análisis acerca del flujo natural de agua subterránea dentro del pozo San Lorenzo Tezonco, con ayuda de perfiles de Temperatura-Profundidad (perfiles T-D). Los perfiles de temperatura son analizados con base en la ecuación de conducción de calor, considerando advección en estado estacionario. Con ello es posible determinar la dirección del flujo (ascendente o descendente), correlacionarlo con las secciones permeables observadas en el registro geofísico de pozo e identificar gradientes de carga hidráulica a profundidad. Debido a que el registro de temperatura se tomó en diferentes etapas en la realización del pozo (durante tres etapas de perforación y el aforo) los perfiles T-D obtenidos a la misma profundidad pero en diferentes etapas brindan información diversa debido a las condiciones de circulación dentro de la tubería del pozo y de las condiciones hidrogeológicas de la formación, permitiendo determinar diferentes zonas de aporte. Los resultados del trabajo determinaron el comportamiento del flujo y el posible origen del aporte hidráulico de las formaciones.

GEOH-22

### USO DE UN MODELO HIDROLÓGICO DISTRIBUIDO PARA LA ESTIMACIÓN DE AVENIDAS Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS ACIDIFICADOS EN LA ZONA DEL DERRAME DE LA MINA DE BUENAVISTA DEL COBRE EN SONORA, MÉXICO.

Mendez-Barroso Luis Arturo<sup>1</sup>, Robles Morua Agustín<sup>1</sup>, Caballero Lizeth<sup>2</sup>, Morales Casique Eric<sup>3</sup>, Mora Lucy<sup>2</sup> y Prado Blanca<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente. Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias/Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México  
luis.mendez@itson.edu.mx

La falta de observaciones hidrológicas y climáticas dificulta la estimación de las condiciones hidrológicas de la superficie terrestre (i.e. escurrimientos, humedad de suelo, infiltración). Estas características, son de suma importancia para entender

el impacto de desastres naturales y antropogénicos, como derrames de embalses mineros. Ante esta situación, los modelos hidrológicos distribuidos se distinguen por su capacidad de utilizar representaciones físicas de los procesos hidrológicos basados en parámetros relacionados con la variabilidad espacial de la topografía, la vegetación y de los distintos tipos de suelos. Dicha capacidad los convierte en una herramienta esencial para la predicción de escorrentía, inundaciones e incluso transporte de sedimentos en cuencas que no cuentan con información hidrológica o climática (no-aforadas). Este trabajo resume la integración de datos meteorológicos de reanálisis y la aplicación de un modelo hidrológico distribuido para estimar las características hidrológicas de la parte alta de la cuenca del río Sonora en donde ocurrió el derrame de material acidificado de la mina de Buenavista del Cobre en Agosto del 2014. Para las simulaciones, se utilizó el modelo hidrológico físico distribuido tRIBS (TIN-based Real time Integrated Basin Simulator), el cual enfatiza las relaciones entre la zona vadosa parcialmente saturada y la respuesta de la superficie terrestre a pulsos de lluvia y periodos secos. Esto se realiza mediante el seguimiento de la evolución de los frentes de humedad en relación a la posición de nivel freático dentro de un elemento computacional conocido como polígono de Voronoi. Para forzar el modelo, se utilizó información meteorológica del Sistema de Asimilación de Datos Terrestres de Norte América (NLDAS por sus siglas en inglés) con una resolución espacial y temporal de doce kilómetros y una hora respectivamente. Debido a la falta de estaciones climáticas, la lluvia estimada con NLDAS fue ajustada utilizando datos de estaciones del Servicio Meteorológico Nacional para preservar una alta resolución espacial. Utilizando tRIBS se analizó la respuesta de la escorrentía en los principales tributarios de la cuenca alta del Río Bacanuchi antes, durante y después del derrame ocurrido en Agosto del 2014. Se realizó un simulación continua del 1 Junio de 2013 a 1 de Junio de 2015. En dicho periodo se evaluó el impacto de los huracanes "Norberto" (2-10 Septiembre 2014) y "Odile" (11-26 Septiembre 2014) sobre las condiciones hidrológicas superficiales. Los resultados preliminares muestran que el modelo hidrológico es capaz de mostrar la evolución temporal y espacial de los escurrimientos, frente de humedad, variabilidad del nivel freático y la evapotranspiración. Dichos resultados permiten inferir los posibles escenarios de transporte de contaminantes de metales pesados y de sedimentos acidificados, así como para la estimación de factores de dilución en distintos puntos del cauce principal. Además, sirven como base para definir sitios de monitoreo a largo plazo (piezómetros, estaciones de aforo y de meteorología, puntos de muestreo de calidad de agua superficial y subterránea) y para establecer planes de contingencia ante futuros derrames, ya que prevén el posible avance de los contaminantes con base en los procesos físicos advección y dispersión.

GEOH-23

### ANÁLISIS HIDROGEOLOGICO E HIDROGEOQUÍMICO EN LA CUENCA DEL RÍO AMACUZAC

Morales Casique Eric<sup>1</sup>, Guinzberg Belmont Jacobo<sup>2</sup> y Ortega Guerrero Adrián<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Comisión Federal de Electricidad  
<sup>3</sup>Centro de Geociencias, UNAM  
ericmc@geologia.unam.mx

La modelación regional de flujo de agua subterránea en sección transversal es combinada con el análisis estadístico multivariado (análisis de componentes principales y análisis jerárquico de grupos) de la composición química de iones mayores, temperatura y conductividad eléctrica, así como la modelación química de índices de saturación para identificar las tendencias en las características químicas e investigar la evolución del flujo regional de agua subterránea en la cuenca del río Amacuzac, en el centro de México. Las unidades hidrogeológicas que componen la cuenca, las cuales incluyen acuíferos y acuitardos en medios granulares, fracturados y kársticos, fueron representados en tres secciones de entre 60 y 90 km de longitud, paralelas a la dirección regional de flujo de agua subterránea. En estas secciones se simuló flujo de agua subterránea en estado estacionario para apoyar cuantitativamente el modelo conceptual hidrogeológico de la cuenca y estimar valores aparentes de conductividad hidráulica, tasas de recarga y tiempos de residencia. Adicionalmente, se determinaron iones mayores en muestras de agua colectadas en cuarenta y cinco aprovechamientos (manantiales, pozos y ríos). El sistema de flujo dominado por gravedad reproduce satisfactoriamente las observaciones de campo, asociadas con cuatro principales procesos geoquímicos identificados en la cuenca: (i) el agua de recarga en los acuíferos volcánicos y volcánico-sedimentarios en las partes altas de la cuenca es afectada por el intercambio iónico y/o intemperismo de albita, (ii) el flujo de agua subterránea más profundo encuentra rocas carbonatadas y disuelve calcita y dolomita, (iii) disolución de yeso al estar en equilibrio con calcita y dolomita produce un incremento en la concentración de Ca, Mg y SO<sub>4</sub>, (iv) un par de muestras con agua salobre reflejan la influencia de fluidos hidrotermales y posiblemente disolución de halita.

GEOH-24

### ÍNDICE DE POBREZA DEL AGUA EN UNA PARTE DE LA ZONA MEDIA DE SAN LUIS POTOSÍ

Urbano Peña María de los Angeles<sup>1</sup>, Ramos Leal Jose Alfredo<sup>1</sup>, López Álvarez Briseida<sup>2</sup>, Morán Ramírez Janete<sup>2</sup> y Torres Govea Valentin<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.  
<sup>2</sup>Colegio de San Luis A. C.  
<sup>3</sup>COTAS  
maria.urbanop@ipicyt.edu.mx

En la actualidad la falta de una gestión adecuada de los recursos hídricos, el crecimiento de la población y una falta de cultura en aprovechamiento de los recursos naturales, ha incrementado la sobreexplotación de los acuíferos en nuestro país. El índice de pobreza del agua (IPA) es una herramienta multidisciplinaria que nos ayuda a cuantificar la pobreza de agua, incluyendo en su metodología tanto factores físicos como socioeconómicos, fue propuesta por Lawrence et al 2002 y modificada por B. López Álvarez et al 2013, se evalúan seis componentes ponderados (recurso, acceso, uso, capacidad, ambiente y calidad del agua) con una escala de evaluación es de 0 a 100. El IPA demuestra que no es la cantidad de recursos disponibles la que determina los niveles de pobreza en un país, sino la eficacia en el uso de esos recursos (Sullivan 2001, 2002, Sullivan et al. 2002, 2003). La zona media (Cerritos a Rioverde) ejerce una actividad agrícola de gran importancia en el estado de San Luis Potosí, esta actividad se sustenta principalmente en el uso del agua subterránea y en menor cantidad el agua superficial de la región. Al evaluar los componentes del IPA podemos determinar las condiciones actuales y el impacto socioeconómico en los recursos hídricos de la zona, con lo cual podremos implementar un mejor manejo en el uso y aprovechamiento del agua al saber los puntos clave en los cuales hay deficiencias.

GEOH-25 CARTEL

### COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, CL Y F PRESENTES EN EL AGUA DEL ACUÍFERO PÉNJAMO-ABASOLO.

Cortes Alejandra<sup>1</sup>, Hernandez Hector<sup>2</sup> y Perez Juan<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica  
<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Geociencias  
acortes@geofisica.unam.mx

En México, en el 2010, alrededor del 37% del volumen total concesionado para uso consuntivo de agua, proviene de agua subterránea. El principal uso del agua en México, es el agrícola, con un volumen concesionado de alrededor de 61,800 millones de m<sup>3</sup>/año, de los cuales el 33.8% son de agua subterránea. El Estado de Guanajuato se encuentra abastecido por 20 acuíferos, de los cuales 17 están sobreexplotados. Entre ellos se encuentran el acuífero Pénjamo-Abasolo con un déficit hídrico de 121.43x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> y con un fuerte incremento en la demanda de este recurso. Esta situación ha generado un impacto negativo en la calidad del agua, encontrándose altos contenidos de NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, As, Cl, Fe, F, etc., a su vez se han producido fenómenos de asentamientos y agrietamientos en toda la zona, lo que ha llegado a provocar graves daños a vías de comunicación y zonas habitacionales. En este estudio se tomaron muestras de agua de una batería de 23 pozos ubicados en este acuífero en un intervalo de tiempo del 2002 al 2014, principalmente en la época de estiaje. Se determinaron sus características fisicoquímicas y la concentración de los parámetros con posibilidades de presentar un origen de tipo antrópico, como lo son los NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl, y F. Para el análisis de estas variables se hizo uso de un análisis estadístico con el propósito de conocer el comportamiento temporal, para lo cual se hizo uso de los diagramas de caja (BoxPlot) de Tukey y por técnicas de análisis multivariado aplicando el análisis por componentes principales. Se encontró que los contenidos de NO<sub>3</sub>, presentan un comportamiento estable con respecto al tiempo. Las concentraciones de SO<sub>4</sub> se encontraron prácticamente oscilando dentro del rango de entre los 10 y 100 mg l<sup>-1</sup>, durante casi todos los años de estudio. Las concentraciones históricas del Cl, se han mantenido en un rango de 10 a 100 mg l<sup>-1</sup>, encontrándose en el 2006 estuvieron en sus niveles más bajos; algunos pozos estudiados en el 2014 presentaron valores extremos. Los contenidos de F determinaron que la mediana de las poblaciones oscila alrededor de 1 mg l<sup>-1</sup>, con respecto al tiempo. En el año 2006 los contenidos de F, superaron en un poco más de 15 veces la NOM (1.5 mg l<sup>-1</sup>). Los pozos que se encontraron con muy altos valores de concentración de F pueden estar influenciados por fuentes de contaminación tanto antrópicas como naturales.

## GEOH-26 CARTEL

### ESTUDIO DE HIDROGEOQUÍMICA Y CALIDAD DEL AGUA EN LOS ACUÍFEROS DE HUICHAPAN, TECOZAUTLA Y NOPALA

Galván Tovar María de la Luz y Ramos Leal José Alfredo  
*Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica*  
 maria.galvan@ipicyt.edu.mx

El acuífero Hichapan Tecozautla se localiza en la porción occidental del Estado de Hidalgo. En la que las condiciones climáticas de la región como en todo el mundo son adversas principalmente por la cantidad y calidad de todos los recursos hídricos, es de suma importancia tanto para la producción de alimentos como para el consumo humano. En muchos lugares en los que se administra y distribuye el agua se han preocupado solo por conocer la cantidad de agua existente, sin embargo han dejado de lado la calidad. Para determinar la calidad del agua se utilizará la metodología del Índice de Calidad del Agua (ICA) que es "Un índice de calidad de las aguas es un algoritmo que expresa una medida de la evaluación del estado cualitativo del agua, el cual puede ser obtenido mediante métodos deductivos o inductivos. El resultado final puede ser un signo o una combinación simple de variables numéricas y alfanuméricas". Según Couillard y Lafebre (1985). El objetivo de este estudio es evaluar y caracterizar el estado actual de la calidad del agua subterránea en el área de estudio mediante el uso de la metodología del ICA y de técnicas hidrogeoquímicas, utilizando también sistemas de información geográfica (SIG) para la representación de los resultados de forma esquemática. Al combinar todas estas herramientas podemos identificar con qué tipo de rocas ha tenido contacto el agua (ya que esta rara vez se encuentra en su estado puro), su evolución hidrogeoquímica y los compuestos ajenos a ella, así mismo la calidad actual y su distribución espacial.

## GEOH-27 CARTEL

### RECARGA ARTIFICIAL CON AGUA DE LLUVIA DE ESCURRIMIENTOS NATURALES EN EL ACUÍFERO TABALAOPA-ALDAMA

Martínez Portillo Heber Aarón<sup>1</sup>, Pinales Munguía Adán<sup>1</sup>, Rodríguez Pineda José Alfredo<sup>2</sup>,  
 Silva Hidalgo Humberto<sup>3</sup>, Villalobos Aragón Alejandro<sup>3</sup> y De la Garza Aguilar Rodrigo<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
<sup>2</sup>World Wildlife Foundation, Chihuahua  
 hebaro\_marport@hotmail.com

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en México la disponibilidad de agua ha disminuido considerablemente, debido al crecimiento de la población y sus demandas. Esta situación es aún más grave en el estado de Chihuahua ya que de los 61 acuíferos que alimentan las necesidades de agua, 19 presentan algún grado de sobreexplotados. Debido a lo anterior, la Facultad de Ingeniería (UACH), World Wildlife Fund, Inc., (WWF) y la Federación Gonzalo Río Arrote (FGRA); están desarrollando el proyecto titulado "Estudio del almacenamiento, inducción y recarga de agua de lluvia en acuíferos de Chihuahua, Chih., 1era y 2da Etapa" y dentro de este proyecto se enmarca la presente investigación que consiste en realizar un estudio integral para evaluar la factibilidad de realizar una obra de recarga artificial de agua de lluvia mediante una obra de captación de escurrimientos y lagunas de infiltración (recarga) localizadas en la porción noroeste del acuífero Tabalaopa-Aldama. Para lo cual se calcularán los volúmenes de escurrimiento superficial provocados por precipitaciones pluviales en el área de estudio, para luego lograr el diseño de una obra de retención para dicho volumen calculado, así como un canal de conducción de agua hacia las lagunas de infiltración diseñadas con el mismo caudal calculado de precipitación anual. La recarga artificial busca aumentar la recarga que reciben los acuíferos, a fin de mejorar la calidad del agua subterránea disminuyendo las concentraciones de elementos químicos que pudieran dañar la salud del consumidor; reducir costos de bombeo y principalmente atenuar el abatimiento del nivel estático, lo cual nos permitiría disponer de una mayor cantidad de agua para satisfacer las necesidades de la población, además, puede coadyuvar a tratar de restablecer el balance ecológico de la zona.

## GEOH-28 CARTEL

### DISEÑO DE LA RED ÓPTIMA DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA EL MUNICIPIO DE SAHUAYO, MICHOACÁN

Silva García Jose Teodoro, Cruz Cárdenas Gustavo, Villalpando Barragán Fabian, Ochoa Estrada Salvador y Nava Velázquez Jaime  
*Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán, IPN-CIIDIR-MICHOACÁN*  
 tsilva09@hotmail.com

El acuífero de la Ciénega de Chapala, constituye la fuente de abastecimiento principal de la ciudad de Sahuayo, Michoacán, ya que el 95% del agua que consume dicha población es agua subterránea que se capta de éste acuífero. El monitoreo de dicho recurso es una de las herramientas que permite contar con la información básica necesaria en el tiempo para soportar técnicamente las estrategias y políticas

de protección y conservación del mismo. Sin embargo, hoy en día los precios de operación en las tareas de muestrear o más aun monitorear pozos profundos, resulta ser cada vez más costoso. Lo anterior justifica el diseñar una red de monitoreo de las condiciones químicas. La misma se basó en la combinación de métodos hidrogeológicos, geoestadísticos, probabilísticos y de optimización. Los puntos de medición fueron seleccionados de acuerdo a los objetivos planteados, considerando incluso aquellas variables que pudieran incidir en el costo de operación, tales como accesibilidad a las estaciones y facilidad de monitoreo, así como prioritariamente pozos de agua potable. El modelo Gaussiano fue el que se ajustó a la mayoría de los datos de las variables de agua. Un total de 22 sitios piloto de un universo de 114 fueron definidos para la red, incluyendo a la totalidad de los pozos profundo de agua potable que abastecen a la ciudad de Sahuayo. Los valores del rango (a la distancia que los datos no están correlacionados) como mínimo fue de 311 m para la variable de Dureza y como máximo de 2212 m para la variable SO4. De acuerdo a la prueba de t de Student los valores óptimos de intervalos de muestreo se ubicó en 1023 m, distancia mínima para diseñar la red monitoreo.

## GEOH-29 CARTEL

### EVALUACIÓN AMBIENTAL Y PROPUESTAS DE REMEDIACIÓN PARA LA CUENCA HIDROLÓGICA DEL RÍO CUPATITZIO, MICHOACÁN

Silva García Jose Teodoro<sup>1</sup>, Cruz Cárdenas Gustavo<sup>1</sup>,  
 Ochoa Estrada Salvador<sup>1</sup> y Estrada Godoy Francisco<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán, IPN-CIIDIR-MICHOACÁN  
<sup>2</sup>IPN-ESIA-Unidad Ticmán  
 tsilva09@hotmail.com

La cuenca del río Cupatitzio forma parte de la Subregión bajo Balsas y se ubica en el centro-occidente de Michoacán con una superficie de 2815 km<sup>2</sup>. Incluye 4 municipios. En ella se desarrolla la mayor actividad agrícola de la región, especialmente el cultivo de aguacate representando un importante porcentaje del PIB del Estado. La comisión de cuenca del río Cupatitzio reporta serios problemas de contaminación en la región, por lo cual con este estudio se pretende iniciar esquemas estratégicos de remediación impulsando evaluaciones integrales y multidisciplinarias en el ámbito del agua y suelo. Con el desarrollo de cuatro módulos de investigación interdisciplinaria e interdependiente que abarcarán este estudio, se pretende contribuir al conocimiento más detallado del estado actual de la cuenca desde el punto de vista ambiental, abarcando los aspectos de agua-suelo, agregando el paisaje hidrológico, proponiendo esquemas de remediación para cada aspecto. Se realizará un estudio integral en el ámbito de su operatividad, calidad, cantidad de agua y usos económicos potenciales de los manantiales (35) presentes en la cuenca, principales aportadores de caudal al río. Se efectuará un estudio de cuantificación de la pérdida de suelo por factores hídricos en la cuenca; considerando los distintos usos de suelo. La delimitación de las respectivas unidades hidrológicas del paisaje en función de su valoración ambiental con los procesos de contaminación y depuración del río serán delineados; finalmente la evaluación hídrica del río Cupatitzio en términos de su calidad química y biológica, así como de su flujo también serán definidos. Con lo anterior, se detallarán estrategias de remediación (consensuadas con la CONAGUA) en términos de restauración y/o conservación en el ámbito del agua superficial, manantiales y suelos, objetivo principal del proyecto.

## GEOH-30 CARTEL

### MODELACIÓN NUMÉRICA DEL ACUÍFERO DE CELAYA USANDO FEFLOW Y HERRAMIENTAS DE SOFTWARE LIBRE

López Alvis Jorge y Carrera Hernández Jaime  
*Centro de Geociencias, CGEO*  
 jalvis@geociencias.unam.mx

La extracción de agua en el Acuífero de Celaya es mayor que su recarga potencial. Para comprender los efectos de las tasas de extracción en dicho acuífero, es necesario estudiar el sistema hidrogeológico a nivel regional, para lo cual se desarrolló un modelo numérico. Este modelo numérico se desarrolló a partir de datos espaciales manipulados en el SIG GRASS y de series de tiempo manejadas por medio de la base de datos relacionales PostgreSQL. Los datos manejados de esta forma fueron introducidos al modelo numérico de elemento finito FEFLOW, el cual permite refinar la malla en el área cercana a los pozos de extracción, permitiendo una adecuada representación de los conos de abatimiento.



## GEOH-31 CARTEL

### EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA DE LA PRESA CHIHUAHUA EN CHIHUAHUA, MEXICO

Hernandez Karina, Contreras Manuel, Santana Andrea y Trejo Gisvi  
 Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
 248811karinahdez@gmail.com

**INTRODUCCIÓN.** El Estado de Chihuahua, cuenta con infraestructura para almacenar 4,945 Mm<sup>3</sup> a través de 53 presas. (JCAS, 2005). La presa Chihuahua se encuentra en el municipio del mismo nombre y se terminó de construir en 1960, con el objetivo de suministrar agua potable a la ciudad de Chihuahua y controlar las avenidas del río Chuvíscar. Los usos secundarios que se le atribuyeron son recreativo, pecuario y pesca. Su capacidad útil es de 32 Mm<sup>3</sup>. Suministra aproximadamente el 4% del agua potable que se consume en la ciudad de Chihuahua (INAFED, 2013). **OBJETIVO.** El objetivo de este trabajo es evaluar la calidad del agua de la presa Chihuahua, mediante la medición de parámetros físico-químicos. **HIPOTESIS.** El agua de la presa Chihuahua contiene concentraciones elevadas de algunos constituyentes físico-químicos. **MATERIALES Y MÉTODOS** Durante el mes de febrero de 2015, se tomaron muestras en 12 sitios a lo largo del cuerpo de agua. In Situ se midieron: Temperatura (T), potencial de Hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SD), oxígeno disuelto (OD), la toma de muestras de agua se realizó siguiendo los procedimientos estandarizados establecidos en la normatividad Mexicana así como los ensayos realizados en el laboratorio. Los parámetros físicoquímicos evaluados en el laboratorio fueron: Sólidos disueltos (SDT), sólidos suspendidos (SST), Dureza total (DT), Dureza Cálctica (DCa), Dureza Magnésica (DMg), Alcalinidad total (AT), Cloruros (Cl<sup>-</sup>), Sulfatos (SO<sub>4</sub>), Nitratos (NO<sub>3</sub>), Carbonatos (CO<sub>3</sub>) y Bicarbonatos (HCO<sub>3</sub>), además de iones de Sodio (Na), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K), y metales como Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn). **RESULTADOS Y DISCUSIÓN** Los resultados promedio se compararon a los límites máximos establecidos en las normatividades mexicana e internacional y se encontraron en general dentro de las especificaciones que marca la normatividad para abastecimiento de agua potable. Solamente los parámetros de pH (8.89±0.17), conductividad eléctrica (300.00±18.2µS/cm) y Hierro (0.33±0.23mg L<sup>-1</sup>), exceden los límites; lo cual la hace inadecuada para su utilización en el suministro de agua potable, sin someterla a un tratamiento previo. **CONCLUSIONES.** La calidad del agua de la presa Chihuahua se encuentra en general en buenas condiciones. La entrada de sales en la ciudad de agua asociadas con algunos elementos metálicos, han ido incrementando los niveles de salinidad. Lo que ocasiona que el agua sea sometida a un tratamiento previo antes de enviarla al suministro municipal de agua para la población de la ciudad capital. Se recomienda continuar con la evaluación espacio-temporal de la calidad del agua de la presa para detectar posibles tendencias. **LITERATURA CITADA.** JCAS. (2005). Análisis Sobre el Uso y Manejo de los Recursos Hidráulicos en el Estado de Chihuahua. Dirección Técnica. Subdirección de Estudios y Proyectos. Depto. de Investigación y Desarrollo. Chihuahua. INAFED, (2013) "Municipio de Chihuahua". Enciclopedia de los Municipios. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, [En línea]. Gobierno del Estado de Chihuahua. Disponible en: [http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_chihuahua](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_chihuahua).

## GEOH-32 CARTEL

### REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RECARGA NATURAL DE LOS ACUÍFEROS DEL VALLE DE AGUASCALIENTES MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

Rodríguez González Lorena y Hernández Marín Martín  
 Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA  
 l.rdz.glz@gmail.com

La recarga natural es una etapa del ciclo del agua, que se genera por la diferencia de entradas de agua al suelo (precipitación e infiltración) y salidas (evapotranspiración y escorrentía). La distribución de la recarga del agua subterránea es variable en cada región, ya que depende de diversos factores propios como la litología, precipitación, pendientes, etc. Estos factores imponen variaciones en la cantidad del recurso. La gestión sostenible del agua subterránea requiere de la aplicación de principios científicos y técnicas modernas. Esta investigación se basa en un enfoque integrado que se implementará mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) y basado en criterios de evaluación para identificar y cuantificar áreas susceptibles a la recarga natural del acuífero en el Valle de Aguascalientes. Se está realizando además un análisis de los factores físicos, geológicos y meteorológicos que intervienen en el proceso de recarga natural, y se está estableciendo una constante de proporcionalidad para el acuífero en función de variables intrínsecas del mismo, estas variables que condicionan la recarga son: fallas geológicas, precipitación, pendiente del terreno, tipo de roca, vegetación y tipo de suelo. Para la aplicación del método se desarrollan puntuaciones que clasificarán la información del mapa de cada variable. Las capas, según el sistema de rangos y puntuaciones se combinarán mediante un álgebra de mapas, asignando a cada capa un porcentaje según la importancia que ejerce cada una de ellas sobre la recarga natural, para así finalmente realizar una representación gráfica de las áreas específicas donde la recarga natural es viable y en qué cantidad. De los resultados de este trabajo

se esperan obtener bases para un cambio de manejo más consciente del recurso hídrico, protección de zonas de recarga, plan de desarrollo urbano, entre otras cosas.

## GEOH-33 CARTEL

### "BIOSORCIÓN DE Pb<sup>2+</sup> DE UN MEDIO ACUOSO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO USANDO LA MACRÓFITA ACUÁTICA TYPHA LATIFOLIA INERTE COMO BIOMASA"

Cordova Molina Cynthia del Carmen, Muñoz Torres María Carolina y Vega González Marina  
 Centro de Geociencias, CGEO-UNAM  
 cynthia.cordova86@hotmail.com

En estudios previos la macrófita acuática *Typha latifolia* ha demostrado tener una alta eficiencia en la remoción de Pb<sup>2+</sup> al obtenerse porcentajes por arriba del 90% en experimentos estáticos en batch. Y en experimentos dinámicos en columnas se observó que la planta tiene mayor capacidad de adsorción a concentraciones bajas [10 mg/L]. En este trabajo se ajustaron los resultados obtenidos en condiciones estáticas, a las isoterms de Langmuir y Freundlich para tratar de inferir el proceso de adsorción que se lleva a cabo en este sistema. También se determinó la cinética del proceso de biosorción de la macrófita inerte *Typha latifolia* como biomasa y el metal pesado Pb<sup>2+</sup> en medio acuoso para determinar la velocidad con la que se lleva a cabo el proceso de adsorción. Los datos se ajustaron mejor a la isoterma de Freundlich al obtener una R<sup>2</sup> = 0.9958, y a un pH 6 se obtuvieron los mejores resultados de Kf de 1.30 y el valor de n fue de 0.8859 donde se puede observar una alta afinidad en el proceso de sorción. Estos datos nos indican que la superficie del adsorbente es heterogénea y hay una infinidad de sitios activos en el adsorbente, y el proceso de adsorción se está dando en monocapa, el ajuste de los datos con la isoterma de Langmuir nos permite estimar la máxima capacidad de adsorción del metal (q<sub>max</sub>) de la *Typha latifolia*, la cual es de 38.6 mg/g a un pH 6. Los experimentos de cinética se realizaron a pH 6, a 10 y 50 mg/L de Pb<sup>2+</sup>, en donde se tomaron alícuotas a 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 120, 180 minutos de contacto. Los resultados obtenidos nos muestran que la sorción del Pb<sup>2+</sup> empieza desde el minuto 0, lo que indica una alta afinidad del metal por el sorbente y que el sistema alcanza el equilibrio a los 60 minutos de tiempo de contacto. Se realizaron experimentos estáticos en batch con los metales Hg<sup>2+</sup> y Cd<sup>2+</sup> donde se obtuvo para Hg<sup>2+</sup> un 90% de remoción, y para el Cd<sup>2+</sup> el 80% de remoción, lo que nos indica que la macrófita acuática *Typha latifolia* como biomasa, es un recurso que se puede emplear en el tratamiento de aguas provenientes de la industria minera, por su alta eficiencia para remover diversos metales pesados y el bajo costo para la obtención de este biomaterial. .

## GEOH-34 CARTEL

### UTILIZACIÓN DE MODELOS NUMÉRICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE APROVECHAMIENTOS SUPERFICIALES DE ESCORRENTÍAS HACIA DISCONTINUIDADES GEOLÓGICAS CON POTENCIAL DE RECARGA DE ACUÍFEROS EN EL VALLE DE AGUASCALIENTES

Campos Moreno Guillermo Eduardo y Hernández Marín Martín  
 Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA  
 a199953@edu.uaa.mx

En este trabajo se presenta los primeros avances de una investigación en la que se caracteriza hidráulicamente a una falla dentro del valle de Aguascalientes con el fin de evaluar su volumen de infiltración y potencial recarga natural del acuífero local, a partir directamente de los escurrimientos pluviales. La metodología consiste en identificar una zona directamente afectada por discontinuidades geológicas, analizar hidrológicamente la cuenca en la que se encuentra la zona selecta mediante la utilización de Modelos Digitales de Elevación y software adecuado, y culminar con la aplicación de métodos geofísicos y pruebas de campo para cuantificar propiedades hidráulicas y establecer características hidrogeológicas. A partir de la información recabada se desarrollan modelos hidrológicos conceptuales para determinar los volúmenes de escurrimientos en diferentes escenarios de precipitación de acuerdo a la topografía del terreno y datos de precipitación, lo cual ha permitido determinar los potenciales volúmenes que van directamente a la discontinuidad geológica seleccionada, en este caso, un tramo de la falla oriente del valle, la cual mantiene su dinamismo hasta fechas recientes, siendo una de las más activas dentro del valle.

## GEOH-35 CARTEL

### DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE ARSENICO EN EL SISTEMA DEL ACUÍFERO DEL MUNICIPIO DE AGUASCALIENTES

Villalobos González Marisela, Hernández Marín Martín y Lira Peralta Ma. Guadalupe  
 Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA  
 mary\_14\_al@hotmail.com

El agua es un factor fundamental para el desarrollo social y económico de una sociedad. Sin embargo, su adecuado abastecimiento, hoy en día, representa una de las más grandes preocupaciones de los ciudadanos y los gobiernos. El

arsénico representa una amenaza importante para la salud pública cuando su concentración en aguas subterráneas sobrepasa la norma de consumo humano. Las principales fuentes de exposición al arsénico son: el agua destinada a consumo humano, los cultivos regados con agua contaminada y los alimentos preparados con agua contaminada. Por medio de una campaña de muestreo basado en la toma mensual de muestras agua subterránea en pozos selectos, así como de recolección de datos históricos dentro del municipio de Aguascalientes (incluyendo temporal estiaje y lluvias), en este trabajo se está realizando un análisis estadístico a detalle para determinar las variaciones temporales y espaciales de arsénico en el acuífero. Las muestras tomadas mensualmente se están analizando en el laboratorio con ayuda de un espectrofotómetro de absorción atómica para obtener la concentración de arsénico, mapas de distribución y evolución de las concentraciones de arsénico en el agua subterránea en la cual se están localizando zonas de mayor riesgo. La información obtenida tanto en el laboratorio así como los histórico de concentraciones de con los análisis realizados hasta este momento, no se ha encontrado una tendencia clara en el comportamiento del arsénico. Las máximas concentraciones obtenidas a la fecha muestran valores de hasta 0.024 miligramos por litro en la porción norte y sur del municipio durante los periodos de estiaje. Sin embargo, se están localizando pozos específicos con concentración cercanos a lo establecido en norma vigente de la zona. Una hipótesis del porqué de los valores de concentración de arsénico es que éstos se asocian a la dirección de escurrimientos subterráneos, la estratigrafía y mineralogía de la zona.

## GEOH-36 CARTEL

### GEOFÍSICA DE EXPLORACIÓN PARA EL MODELADO HIDROGEOLOGICO EN LA PLATAFORMA CARBONATADA DEL ANILLO DE CENOTES DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Andrade Gómez Luisa<sup>1</sup>, Rebolledo Vieyra Mario<sup>1</sup>, Santos Raga Gustavo<sup>2</sup> y Guadalupe Rojas Josué<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica de Yucatán, CICY

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza  
luisaandrade6@hotmail.com

Se presentan los resultados obtenidos en el estudio hidrogeológico llevado a cabo en el Anillo de Cenotes de la Península de Yucatán. El objetivo perseguido es la obtención de la profundidad del manto freático y la haloclina, el estudio de la estructura del acuífero y la creación del modelo conceptual en el que se observe los cambios en los niveles piezométricos a distinta distancia de la costa. La metodología empleada se basa en técnicas de resistividad eléctrica y electromagnética en el dominio del tiempo mediante aplicación de modelado inverso. Los registros obtenidos pasaron un análisis de la calidad de los datos tras lo que se llevó a cabo la inversión en un modelo de tres capas con el que se identifican las zonas de calizas no saturadas, saturadas y saturadas con agua salina. Para la corrección topográfica del modelo se tomaron los datos de elevación del terreno con un Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS, por sus siglas en inglés) y las medidas correspondientes en los cenotes cercanos para la corroboración de los niveles de agua. Adicionalmente se obtuvieron perfiles verticales de temperatura y salinidad en los cenotes y pozos cercanos para la interpretación de los resultados. Los resultados muestran cambios en los niveles piezométricos a lo largo el Anillo de Cenotes con la distancia a la costa y respecto al interior del cráter de Chicxulub. Se observaron conexiones entre cenotes cercanos en el modelo obtenido con tomografía eléctrica.

## GEOH-37 CARTEL

### ESCALAMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FÍSICO PARA SIMULAR LA RECARGA ARTIFICIAL DE UNA PORCIÓN DEL ACUÍFERO TABALAOPA-ALDAMA, CHIHUAHUA, MEX.

Mezquitic Velazquez Miguel Angel<sup>1</sup>, Pinales Munguia Adan<sup>1</sup>, Rodríguez Pineda José Alfredo<sup>2</sup>, Silva Hidalgo Humberto<sup>3</sup>, Estrada Gutiérrez Guadalupe Irma<sup>1</sup> y Navarro-Gómez Carmen Julia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH

<sup>2</sup>World Wildlife Fund, Inc., (WWF)

<sup>3</sup>Junta Municipal de Agua y Saneamiento  
mezquitic58@gmail.com

Existen muchos fenómenos en la naturaleza, que por su complejidad, no es posible reproducirlos mediante una adecuada modelación matemática. En muchos casos, el grado de incertidumbre que puede tenerse en la simulación de un fenómeno físico puede ser muy elevado, que podrá requerirse de la construcción de un modelo a escala que reproduzca más fielmente el comportamiento de la obra. Las modificaciones realizadas en un modelo físico a escala tienen un costo mucho menor y permiten la evaluación de diferentes alternativas buscando la optimización costo-funcionamiento del proyecto. El modelo a escala debe ser capaz de reproducir adecuadamente los fenómenos que se quieran modelar y las variables que influyen sobre los mismos. Esta investigación es parte del proyecto llamado "Estudio de almacenamiento, inducción y recarga de agua de lluvia en acuíferos de Chihuahua, Chih., 1era y 2da etapa", financiado por la alianza entre la World Wildlife Fund, Inc. (WWF) – Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA) y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). El objetivo de esta parte de la investigación es: Construir un modelo físico mediante la reproducción a escala

de la porción noroeste del acuífero Tabalaopa-Aldama, ubicado en Chihuahua, Chih., para la simulación de los procesos de recarga artificial en el mismo. Para ello, se construyó un el modelo físico, compuesto por una estructura metálica con paredes de vidrio templado, de 3m X 4m en planta y un metro de altura, con 46 piezómetros instalados para monitoreo y construido en el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería (UACH). Posteriormente se realizará un análisis dimensional, el cual permitirá reducir el número de variables que intervienen en un problema y expresar el resto en función de las consideradas como fundamentales. El escalamiento del área de estudio se realizará tomando en cuenta el término de semejanza, o sea la relación existente entre una magnitud física en la realidad y en el modelo físico. Se determinará si el modelo tendrá una semejanza geométrica, donde las longitudes tienen un mismo factor de escala, o un modelo más complejo con semejanza cinemática en el que intervengan unidades como la velocidad, o semejanza dinámica donde además existan fuerzas aplicadas al modelo. A la fecha, además de tener la estructura del modelo físico construido, se han realizado sondeos eléctricos verticales, con arreglos Wenner y Schlumberger que han permitido obtener de manera indirecta la litología del área de estudio. Posteriormente, se realizarán perforaciones para comprobar la estratigrafía del área, se llevarán a cabo levantamientos topográficos, geológicos y se realizarán las pruebas para determinar las propiedades de los materiales encontrados en el área de estudio y los cuales se implementaran en el modelo físico en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería (UACH). A partir de esto se elaborará el mapa conceptual y se seleccionará la escala adecuada y espesores de capa que se implementaran en el modelo físico.

## GEOH-38 CARTEL

### ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA POR ARSÉNICO EN EL ACUÍFERO SILAO-ROMITA.

Piña Gonzalez Viridiana, Li Yanmei, Hernández Anguiano

Jesús Horacio, Avilés Jasso Manuel y Rodríguez Rodrigo  
Universidad de Guanajuato, UG  
viripina2015@hotmail.com

El agua subterránea constituye un recurso esencial en regiones áridas y semiáridas de México que se caracterizan por una marcada variabilidad temporal y espacial de su disponibilidad. En el estado de Guanajuato, el agua subterránea juega un papel muy importante para el abastecimiento de agua potable en las ciudades (98.3% del agua utilizada es de origen subterráneo, (CEAG, 2011), en el uso doméstico, agrícola, industrial y comercio, etc. En el estado de Guanajuato, el desarrollo de la industria, el incremento de la población y la mala eficiencia en el campo generan una sobreexplotación del acuífero Silao-Romita, agravando el problema de la calidad del agua en sí mismo. Además, con el descenso del agua subterránea, el costo de producción por metro cúbico extraído está aumentando cada año, para el uso potable va desde 5.10 \$/m<sup>3</sup> en 2007 a 7.75\$/m<sup>3</sup> en 2011 (CEAG, 2011). Si no resolvemos los problemas, el agua será un factor limitante para el desarrollo del Estado. Desde la historia del cambio del nivel freático, podemos ver que los pozos tienen niveles alrededor de 140m, y tienen un descenso de más 1 m/a. Es decir, los pozos están sacando agua de los acuíferos profundos, donde normalmente el agua fluye más lento y es más antigua. Se han reportado niveles tóxicos de fluoruro (F) y arsénico (As), posiblemente causado por la presencia inducida de las aguas subterráneas más profundas. Se tomaron muestra de aproximadamente 20 pozos localizados simultáneamente en el acuífero Silao-Romita desde el 2003 al 2015 y se caracterizó su tipo de agua con base a sus propiedades físicas y químicas analizadas con anterioridad. Las concentraciones de arsénico se encuentran entre 0.007ppm y 1.1399ppm y en flúor las concentraciones se encontraron entre 0.125ppm y 7.7 ppm. Con un porcentaje alto en cuanto a los límites máximos permisibles por la NOM 127-SSA1-1994 la cual nos indica los límites máximos permisibles en cuanto a características microbiológicas, físicas, químicas, organolépticas y radiactivas para preservar y asegurar la calidad de agua para el consumidor. Estos valores obtenidos pueden estar relacionados con la geología del lugar así como por actividades realizadas por el hombre. Con el estudio de la condición real y la tendencia del cambio de la concentración de As con el tiempo y con la profundidad del agua, podemos decir que muy posiblemente el As proviene desde la roca del acuífero (geología), así unos sitios tienen más problemas y otros no. El As suele aparecer más en pozos muy profundos, entonces resolver el problema del descenso del agua es todavía más urgente y necesario.

## GEOH-39 CARTEL

### CARACTERÍSTICAS DE SUELO Y VEGETACIÓN DE CUENCAS HIDROLÓGICAS DE CAMPECHE.

Felipe Benítez Juan Antonio, Pérez Morga Nancy, Flores Trujillo Juan Gabriel, Canedo López Yunuen, Ponce Ana Beatriz, Guzmán Victoria Ivett y López Rojas Ernesto

Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR  
fbenitez6@hotmail.com

Este estudio presenta de manera integral los procesos de interacción de la hidrología superficial con el suelo, analizando las variables de vegetación, geología, topografía, tipo y uso de suelo, como base para el estudio de erosión en cuencas hidrográficas del estado de Campeche. Estas cuencas son regiones hidrográficas de alta biodiversidad, entre los servicios ambientales que representan además de su disponibilidad como recurso hídrico, se encuentra su funcionamiento como

reservorios de carbono y como protección de la costa durante eventos extremos como ciclones tropicales y huracanes, actuando como barreras naturales en donde la vegetación y el sedimento que albergan estas cuencas costeras, amortiguan la energía del viento y oleaje durante estos fenómenos. Se muestra el análisis granulométrico y el análisis del pH y nutrientes (nitrato, fosfato y potasio) del suelo en las cuencas hidrográficas del río Champotón y la región de Calakmul, además de la diversidad en vegetación, utilizando imágenes de satélite y trabajo de campo. Finalmente se evaluó el efecto de los procesos antropogénicos, como cambios de uso de suelo, urbanización e industria.

#### GEOH-40 CARTEL

### “ISOTERMAS DE ADSORCIÓN CON ELEOCHARIS BONARIENSIS NEES TRATADA TÉRMICAMENTE PARA REMOVER ZN(II)”

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

Los problemas de contaminación del agua con metales pesados cada vez se hacen más frecuentes por la irresponsable actividad antropogénica, lo cual hace necesario buscar alternativas amigables con el ambiente. *Eleocharis bonariensis* nees tratada térmicamente a 400°C ha mostrado tener una capacidad por arriba del 90% para remover Zn (II). En este trabajo se ajustaron los resultados obtenidos en los experimentos en batch a diferentes condiciones del laboratorio a las isotermas de Freundlich y Langmuir para inferir el proceso que se lleva a cabo en el sistema. Considerando los resultados obtenidos los datos se ajustaron a la isoterma de Freundlich, los valores de correlación son de  $r^2=0.99$  para pH 4, 5 y 6, la concentración de biomasa 0.75g/15ml, 0.1g/15ml y 0.15g/15ml y la modificación de la fuerza iónica del medio con la adición de NaCl a 0.001, 0.01 y 0.1 M. La Kf representa una medida de la capacidad de adsorción del sorbente, en la cual se obtuvo para la temperatura de 400°C un coeficiente de correlación  $r^2=0.9812$  y  $Kf=0.1162$ , este rendimiento decae al aumentar la temperatura para el caso del tratamiento térmico a 800°C. Por los resultados se puede inferir que la adsorción se lleva a cabo en una superficie heterogénea, se tiene una formación de monocapa y varios sitios activos, por lo cual existe una mayor adsorción. *Eleocharis bonariensis* nees después de someterse al proceso de remoción de Zn (II) y llegar a la saturación puede ser regenerada utilizando ciclos de adsorción-desorción, lo que previene la producción de residuos. Se realizaron experimentos en fase dinámica para lo que se usaron columnas de lecho fijo y flujo ascendente impulsado por una bomba peristáltica. La *Eleocharis bonariensis* nees activada térmicamente tuvo un mejor desempeño en un sistema dinámico a una altura de 2cm de lecho, con un flujo de 0.067 ml/min y tiene mayor capacidad de adsorción a concentraciones bajas de Zn (II), (10mg/L). Se realizaron experimentos de desorción a estas condiciones usando como solución de desorción HCl a una concentración de 0.05M en columnas de 10, 30 y 50 mg/L de Zn (II), obteniendo la desorción del metal en un 90% en concentraciones bajas (10 mg/L) durante el primer ciclo. En el segundo ciclo se satura en menor tiempo disminuyendo el porcentaje de desorción por lo que se infiere que la capacidad de adsorción-desorción disminuye debido a que los sitios activos son ocupados por iones Cl<sup>-</sup> de la solución diluyente los cuales no son removidos en su totalidad y ya no pueden ser ocupados por el ión metálico. El uso de biomasa para el tratamiento de agua contaminada con metales pesados puede ser una alternativa económica y amigable con el medio ambiente.

#### GEOH-41 CARTEL

### VULNERABILIDAD Y ANÁLISIS HÍDRICO DE LA CUENCA DEL VALLE DE OCOTLÁN, OAXACA

Martínez Sanchez Alejandra<sup>1</sup>, Belmonte Jiménez Salvador Isidro<sup>1</sup>, Ladrón de Guevara Torres María de los Angeles<sup>1</sup> y Campos Enriquez Jose Oscar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional - CIDIRO-OAXACA

<sup>2</sup>UNAM, Instituto de Geofísica  
ale.mtzsa@gmail.com

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en México (GIRH) es un enfoque de política pública, que persigue el desarrollo y manejo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados. Para lograr estos objetivos se requieren de herramientas y técnicas que evalúen la condición hídrica de la cuenca, que es la unidad de gestión con este enfoque. En cuencas con un uso intensivo de suelo agrícola, los acuíferos son vulnerables a la contaminación por agroquímicos y a disminuir la disponibilidad del agua debido al uso ineficiente del agua. En este trabajo, se realizó un análisis de vulnerabilidad intrínseca mediante el método DRASTIC y se simuló la producción de agua y sedimentos con el modelo hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool) para entender la condición hídrica de la cuenca del Valle de Ocotlán, el principal proveedor de hortalizas y flores para la ciudad de Oaxaca. El método DRASTIC debe a su nombre a los siete parámetros que utiliza para determinar la vulnerabilidad: profundidad del nivel freático (D), recarga (R), litología del acuífero (A), tipo de suelo (S), topografía (T), impacto de la zona vadosa (I) y conductividad hidráulica (C). El modelo SWAT es de los más utilizados en cuencas con datos escasos, la información básica requerida son: el modelo de elevación digital, mapas de uso de suelo, tipos de suelo y, datos de precipitación y temperatura diaria. Con el modelo SWAT se delimitó la cuenca cuya área es de 449.38 km<sup>2</sup> y a su vez tiene 19 subcuencas. Presenta una precipitación promedio anual de 644 mm. El uso de

suelo es 11.51% de vegetación natural, 28.87% de agricultura de riego, 47.38% de agricultura de temporal y 12.13% de zona urbana. La mayor parte de la cuenca presentó valores altos de vulnerabilidad. Los parámetros más sensibles del índice DRASTIC fueron la conductividad hidráulica y la profundidad del nivel freático. El uso de métodos como DRASTIC y el modelo hidrológico SWAT permite identificar zonas de vulnerabilidad a la contaminación por el uso intenso de agroquímicos, así como conocer que parámetros deben considerarse para disminuir esas presiones al sistema acuífero.

#### GEOH-42 CARTEL

### ESTIMACIÓN DE LOS ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES EN LA CUENCA DEL RIO YAQUI MEDIANTE EL USO DE UN MODELO HIDROLÓGICO SEMIDISTRIBUIDO EN HEC-HMS

González Parra César<sup>1</sup>, Robles Morua Agustín<sup>1</sup>, Muñoz Hernández Andrea<sup>2</sup> y Méndez Barroso Luis Arturo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Sonora, ITSON

<sup>2</sup>Lake Superior State University, LSSU  
gonzalezparrac@gmail.com

Los recursos de agua del planeta se encuentran amenazados por el crecimiento poblacional, el incremento en la intensidad de las distintas actividades económicas y además son susceptibles a los posibles impactos del cambio climático. Esta situación es más grave en regiones áridas y semiáridas ya que se encuentran intrínsecamente limitados por la disponibilidad de agua. En este estudio se utilizó un modelo hidrológico semidistribuido para la estimación de la disponibilidad media anual, y para calcular y clasificar las aportaciones naturales de los tributarios dentro de la Cuenca del Río Yaqui, en el noroeste de México. Mediante la aplicación del modelo hidrológico semidistribuido HEC-HMS se estimaron los escurrimientos de los principales tributarios tomando en cuenta la variabilidad espacial de la topografía y del clima (ej. precipitación, temperatura del aire, radiación solar), así como las propiedades físicas de la vegetación y de los suelos. Para esto la cuenca fue evaluada utilizando 53 subcuencas obtenidas a partir de la topografía superficial y la red de flujo y en tres regiones de aportación de las presas que se encuentran dentro de la cuenca. La precipitación del modelo se obtuvo a partir de 33 estaciones climáticas del servicio meteorológico nacional y se complementaron con datos del sistema de asimilación de datos terrestres de Norte América (NLDAS por sus siglas en inglés). Se realizó una calibración del modelo (1980 – 1995) y la validación (1995 – 2010), utilizando datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua de las diferentes estaciones hidrométricas de las tres presas del sistema. Los resultados muestran una buena aproximación a las estimaciones promedio históricas de disponibilidad de agua a nivel cuenca con los resultados obtenidos con el modelo. Sin embargo, la mayor aportación de este trabajo es que se cuantificó el volumen y porcentaje de aportación de las principales áreas de captación en el sistema de presas dentro de la cuenca y se obtuvo una clasificación de la cantidad de aportación al volumen total de cada uno de estos tributarios, además se puede observar la variabilidad interestacional e interanual de los porcentajes de aportación, y la variación de los coeficientes de escurrimiento. Esto nos da una mejor aproximación de la distribución de los escurrimientos a lo largo de la cuenca, y una gran herramienta hacia futuros estudios, como herramienta de mitigación a eventos climáticos extremos o para futuros trabajos referentes a cambio climático.

#### GEOH-43 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA Y FÍSICOQUÍMICA DE LA LAGUNITA, ENSENADA, BAJA CALIFORNIA.

Larios Muñoz Mariana Stephanie<sup>1</sup> y Martínez Cervantes Jorge David<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, UABC

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California  
mariana.larios@uabc.com.mx

Las interacciones de los componentes físicos y químicos de un humedal hacen posible que éste desempeñe funciones vitales como: almacenamiento de agua, protección contra tormentas, mitigación de inundaciones, estabilización del litoral, control de la erosión, purificación de las aguas y estabilización de las condiciones climáticas locales, particularmente la precipitación y la temperatura. El crecimiento y continuo desarrollo urbano ejerce múltiples presiones que amenazan con desaparecer a uno de los últimos humedales de B. C. El objetivo de esta investigación es determinar las características hidrológicas y físicoquímicas del humedal La Lagunita del Ciprés, en Ensenada, Baja California, México. Debido a su ubicación, las características de La Lagunita son de un clima mediterráneo. El volumen de agua de las cuencas que lo componen dependen principalmente de precipitaciones y escorrentías, por lo cual comparte características físicoquímicas y mecánicas de humedales de agua salobre. La investigación pretende caracterizar la cuenca hidrográfica La Lagunita, mediante el análisis de parámetros físicoquímicos y modelos conceptuales y estadísticos, analizando la distribución y circulación del agua de La Lagunita. Como resultados preliminares se tienen análisis de características como temperatura, conductividad y humedad del suelo; así como también las variaciones estacionales de características hidrológicas y meteorológicas de los últimos años.

## GEOH-44 CARTEL

### DETERMINACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL ABATIMIENTO DE LA PARTE NORTE DEL ACUÍFERO CUENCA ALTA DEL RÍO LAJA MEDIANTE ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO Y ESTADÍSTICO

Avilés Manuel<sup>1</sup> y Li Yanmei<sup>2</sup><sup>1</sup>Universidad de Guanajuato, UG<sup>2</sup>Universidad de Guanajuato

manuelavilesjasso@hotmail.com

En la región norecentral del estado de Guanajuato se encuentra el Acuífero Cuenca Alta del Río Laja, como la mayoría de los acuíferos de este estado, se encuentran sobreexplotados, siendo la parte norte con mayores problemas, donde se encuentran los municipios de; Dolores Hidalgo, San Luis de la Paz, San Diego de La Unión y San Miguel de Allende o en donde se localizan la mayoría de los aprovechamientos hidrogeológicos. El estudio de evaluación de características Hidrológicas del acuífero puede darnos un diagnóstico y poder generar proyectos para su rehabilitación, pero antes es necesario conocer por qué el acuífero tiende a estar sobreexplotado. Debe realizarse un estudio estadístico de la zona con información que proporcione instituciones de manejo de estos datos y con locatarios del lugar. El proyecto a presentar es el cálculo del abatimiento que se ha generado en una área específica del acuífero Río Laja en el transcurso del tiempo utilizando registros de años pasados para su comparación con las mediciones que tomamos en el presente año, para formar intervalos anuales del comportamiento de la variable de abatimiento. Con este cálculo formar una curva única que muestre la evolución del abatimiento desde el momento más antiguo de registro hasta el momento del muestro y análisis del presente; así poder comparar con censos de aprovechamiento de agua, crecimiento demográfico, agrícola, industrial y económico entre otros, como el uso de agua determinando los parámetros necesarios para las mediciones del abatimiento. Todo esto para generar una relación de cómo el comportamiento socio-económico de una área en específico impacta un acuífero a través del tiempo, en su caso, parte de este en una área de cierta población y formar modelos virtuales en programas especializados como Visual MODFLOW para poder entender la evolución del cono de abatimiento que presenta la zona y sus predicciones en su comportamiento del acuífero a futuro. Además mostrar las áreas más afectadas de mayor vulnerabilidad que tiene el acuífero mediante el programa ArcGIS y con el apoyo del programa SMS para poder caracterizar las curvas de isovalores de los niveles que presenta dicha evolución para entender las posibles causas de la sobreexplotación del acuífero.

## GEOH-45 CARTEL

### MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DE LOS ARROYOS SAN CARLOS Y SAN ANTONIO, MANUEL BENAVIDES, CHIHUAHUA, MÉXICO.

García-Olveda Alejandra, Magallanes-Miranda Brenda,  
Contreras-Caraveo Manuel y Reyes-Cortés Ignacio Alfonso  
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
226109alejandra@gmail.com

El presente trabajo caracteriza la calidad del agua en los arroyos San Carlos y San Antonio ubicados dentro del Área de Protección de Flora y Fauna del Cañón de Santa Elena, en el estado de Chihuahua, México, a través de un modelo geohidrológico 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 *Cyprinodon eximius*, que lo ha llevado 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. Se realizaron dos muestreos para los cuales se ubicaron 14 sitios potenciales. Se llevaron a cabo las campañas de 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 como (extracción y contribución por la presencia de áreas agrícolas, áreas de minas, así como las áreas de asentamientos humanos que contribuyen con descargas contaminadas). Los arroyos poseen flujos intermitentes y se encuentran en un estado crítico causado por la escasa precipitación de la zona y por el incremento de pozos agrícolas en el área de estudio. 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. Los análisis clínicos del agua arrojaron datos como alta conductividad eléctrica en puntos del cauce donde afloran las calizas arrecifales. Estos valores representan una salinidad por encima de los rangos normales del hábitat lo que puede ocasionar estrés y hasta la muerte para algunos organismos (WASC, 2002). Los parámetros de calidad del agua obtenidos se asociaron con las litologías de los puntos muestreados. Se interpreta que la litología es la que determina las condiciones apropiadas 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 que atraviesan los arroyos para definir la manera en que el agua interactúa con la roca. Se interpretan los sitios con las condiciones geohidrológicas idóneas del hábitat del pez. Se presenta el modelo geohidrológico conceptual propuesto con los sitios preliminares seleccionados como idóneos para proteger la especie en riesgo y el control de la especie invasora.

## GEOH-46 CARTEL

### INTERACCIÓN DE LA LAGUNA DE ENCINILLAS CON EL ACUÍFERO EL SAUZ-ENCINILLAS, CHIHUAHUA, MÉXICO

Madrigal Vasquez Fabricio Alan, Silva Hidalgo Humberto, Estrada Gutiérrez Guadalupe Irma, Villalobos Aragón Alejandro y López Terrazas Aracely  
Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH  
madrigalfab@yahoo.com

Si la humanidad ha de avanzar hacia la sustentabilidad en el uso de los recursos hídricos superficiales y subterráneos en el planeta, es importante incrementar el conocimiento que se tiene en cuanto a la interrelación que guardan ambos sistemas naturales. El régimen hidrológico de un lago se define por una entrada superficial y salida subterránea, pero un lago podría existir sin una entrada superficial y ser alimentado por el agua subterránea y por la precipitación. La comprensión de la ocurrencia y dinámica de los humedales en zonas áridas es relativamente limitada; muchos humedales se encuentran en países en desarrollo donde la ciencia pocas veces consigue resultados comparables con regiones más hidrológicamente prósperas, como Europa y América del Norte. La cuenca de la Laguna de Encinillas, pertenece a la Región Hidrológica 34, Cuenca Cerradas del Norte, y se encuentra en la porción central del Estado de Chihuahua entre las coordenadas geográficas 29°38' y 28°54' latitud norte y 106°46' y 106°03' longitud oeste, con una superficie de 294,649.9 ha. A esta cuenca hidrológica le subyace el acuífero El Sauz-Encinillas, aunque con límites geográficos ligeramente distintos, pero con la laguna circunscrita en ambos sistemas. El objetivo del estudio fue la evaluación de la generación de escurrimiento superficial en la cuenca hidrológica y la evolución del volumen almacenado en la Laguna de Encinillas, con la finalidad de estimar de forma disociada, el grado de dependencia del cuerpo de agua en los sistemas de agua superficial y subterránea. Los escurrimientos naturales se determinaron mediante métodos de estimación desarrollados para el análisis de cuencas no aforadas. Las áreas históricas de la superficie libre del agua en la laguna, fueron obtenidas con apoyo del registro de imágenes satelitales, de 1973 al año 2011. La geometría del vaso de la laguna fue descrita mediante las curvas área-elevación-volumen que fueron construidas a partir de levantamiento batimétrico y topográfico de campo y modelos digitales de elevación del terreno. Con esta información se simuló el comportamiento hidráulico del vaso, utilizando como variable de calibración el área simulada de la superficie libre del agua en la laguna con respecto a la observada mediante imágenes de satélite. El estudio demuestra que hasta antes del año 1995, la laguna y el sistema del acuífero presentaban una conexión plena, con lo que la Laguna se alimentaba de los sistemas de agua superficial y subterránea, y por tanto, permanecía perenne la mayor parte del tiempo y sólo se secaba en años con precipitaciones excepcionalmente bajas. La Laguna de Encinillas, considerada como perenne en la cartografía del INEGI, se ha secado completamente en 9 años, y a partir del año 2000 en 7 ocasiones con mayor frecuencia. Con este comportamiento, es posible que en el futuro se reclasifique como un cuerpo de agua intermitente, e incluso de persistir la tendencia, pueda llegar a considerarse efímero.

## GEOH-47 CARTEL

### CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA E IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS DE MEZCLA EN EL ACUÍFERO DEL SOCONUSCO, CHIAPAS

Ramos-Leal Jose Alfredo<sup>1</sup>, Moran-Ramirez Janete<sup>1</sup>, Almanza-Tovar Oscar<sup>1</sup>, Santacruz de Leon German<sup>2</sup> y Lopez-Alvarez Briseida<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., IPICYT  
<sup>2</sup>El Colegio de San Luis  
jalfredo@ipicyt.edu.mx

En México el agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento para los diferentes usos en las urbanas y agrícolas. El conocimiento de la calidad del agua subterránea, es muy importante porque permite diferenciar zonas y en función de dicha composición, destinarla al mejor uso posible. La región del Soconusco constituye una de las nueve regiones económicas del estado de Chiapas, se compone de dieciséis municipios los que suman una extensión territorial de 5 475.5 km<sup>2</sup>. El acuífero del Soconusco se ubica en la Provincia Fisiográfica denominada como Tierras Altas de Chiapas, se distribuye principalmente en la planicie Costera, es limitada al sureste por el Océano Pacífico y al noroeste por la Sierra de Chiapas o Macizo granítico de Chiapas. Las rocas más antiguas corresponden a granitos y granodioritas de edad Paleozoica, estos se distribuyen ampliamente en la Sierra de Chiapas, se distribuyen principalmente en la parte norte del acuífero (zona de recarga); estas rocas constituyen una de las fuentes importantes para la formación de los depósitos aluviales, funcionan como barreras impermeables al flujo del agua subterránea. El diagrama de Piper muestra una dominancia de agua de tipo de aguas bicarbonatadas cálcicas y grupos pequeños de sulfatada cálcica, bicarbonatada

sódica y una muestra atípica del tipo clorurada sódica. En el sistema se identifican procesos de mezcla, intercambio iónico e interacción agua-roca, evaporación.

#### GEOH-48 CARTEL

### **ESTUDIO TEÓRICO Y SIMULACIÓN DE LA INTRUSIÓN SALINA EN EL ACUÍFERO DE LA COSTA DE HERMOSILLO, SONORA**

Morales-Ochoa Ricardo<sup>1</sup>, Ramirez-Rodríguez Luis P.<sup>1</sup> y Rojas-Blanco Lizeth<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Sonora, UNISON

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
rmoraleso@correo.fisica.uson.mx

La contaminación de acuíferos es una problemática ambiental a nivel mundial, en el cual el estado de Sonora no está exento. En esta parte del estado la situación se ha venido agravando en los últimos años debido a la sobreexplotación y baja recarga de los acuíferos, al ser ésta una zona de gran producción agrícola. Esta contaminación es debida principalmente a la intrusión salina, proveniente del agua de mar que llega al acuífero, además también de los químicos utilizados en la actividad agrícola, los cuales se infiltran con el agua de riego. La simulación numérica es una herramienta importante para poder estudiar posibles fenómenos o casos que pueden presentarse bajo determinadas condiciones y con ello predecir o proyectar escenarios del sistema a estudiar. En este caso el sistema a estudiar será el acuífero mencionado, el cual será tratado como un medio poroso que tiene una fuente de contaminación, que en nuestro caso se tratará de la intrusión salina. Esto se modela mediante una ecuación de difusión de un líquido en un medio poroso, para ello se obtienen los parámetros físicos del acuífero bajo estudio y en base a estos se proponen las condiciones iniciales de la ecuación. Mediante esta simulación es posible hacer una comparación del modelo obtenido a partir de la ecuación teórica con los datos que se tienen a partir de observaciones de campo, para así ver si el modelo obtenido se ajusta a la realidad y la factibilidad de utilizar dicho modelo para poder predecir el estado de la contaminación en un futuro.

#### GEOH-49 CARTEL

### **PETROFISICA DE UN MODELO DE CINCO CAPAS**

Rodríguez Mendez Oscar<sup>1</sup>, Torres Pichardo Oscar Alberto<sup>2</sup> y Salinas Martínez Dayana Vanessa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politecnico Nacional, IPN

<sup>2</sup>Instituto Politecnico Nacional  
os-kr-aj-94@hotmail.com

El siguiente proyecto consta de re