

Sesión Especial

**HIDROLOGÍA Y SUBSIDENCIA,  
GEOLOGÍA, HISTORIA VOLCÁNICA  
Y CLIMÁTICA DE LA CUENCA  
DE MÉXICO: AVANCES,  
PROBLEMAS Y RETOS FUTUROS**

Organizadores:

Socorro Lozano

Oscar Escolero

Margarita Caballero

SE02-1

**ESTRATIGRAFÍA DEL POZO PROFUNDO SAN LORENZO TEZONCO Y SUS IMPLICACIONES EN LA GEOLOGÍA SUPERFICIAL DE LA CUENCA DE MÉXICO**

Arce Saldaña José Luis<sup>1</sup>, Layer Pau<sup>2</sup>, Morales Casique Eric<sup>1</sup>, Benowitz Jeff<sup>2</sup>, Rangel Granados Elizabeth<sup>3</sup> y Escolero Fuentes Oscar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología, UNAM

<sup>2</sup>Universidad de Alaska, Fairbanks, EUA

<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM  
jlarcy@geologia.unam.mx

El pozo profundo San Lorenzo Tezonco fue perforado en el año 2012 por el Sistema de Aguas, gobierno del D.F. El pozo se localiza dentro de la Cuenca de México y alcanzó 2008 metros de profundidad, por lo cual ofrece una excelente oportunidad para explorar la estratigrafía del subsuelo y geología general del área. Desafortunadamente solamente se recuperaron muestras de canal, mismas que fueron descritas y analizadas para la determinación de elementos mayores y traza y fechamientos por los métodos 40Ar/39Ar, y U-Pb en circones, con el fin de reconstruir la columna litológica del pozo. Contrario a otros pozos profundos perforados en la Cuenca de México, en éste no se cortaron rocas sedimentarias. Los 70 metros más someros del pozo San Lorenzo Tezonco, está conformado por sedimentos lacustres asociados con el Lago de Texcoco, mientras que las rocas volcánicas conforman la mayoría de la columna litológica, con edades entre 18 Ma a 0.24 Ma. Las lavas andesíticas son las más abundantes en toda la columna, seguidas por productos ácidos, representados por lavas dacíticas y riolíticas, así como depósitos de ignimbritas riolíticas. En menor proporción se encuentran lavas andesítico-basálticas, tanto en la parte superior como en la parte inferior de la columna. La secuencia de mayor espesor está conformada por rocas volcánicas del Mioceno, con edades entre 5 y 16 Ma, principalmente de composición andesítica, aunque también se encuentran las ignimbritas fechadas en 5 Ma. Es complicado determinar la fuente de emisión de la ignimbrita, pero podría provenir de algún volcán de la Sierra de las Cruces (borde oeste de la Cuenca de México) o de alguna caldera localizada dentro de la Cuenca de México y que haya sido sepultada por productos volcánicos y depósitos lacustres más jóvenes. Concentraciones de elementos traza sugieren que el vulcanismo estuvo asociado a un ambiente de subducción, con las típicas anomalías negativas de Nb, Ta, Ti y P, y anomalías positivas de Pb y Cs. Una correlación preliminar de las unidades del pozo San Lorenzo, con rocas que afloran en los alrededores de la Cuenca de México, permitieron identificar a las siguientes unidades: Andesita del Eoceno, unidad Andesita Basáltica San Nicolás, Formación Tepoztlán, Vulcanismo del Mioceno, Sierra de Las Cruces y Campo Volcánico Chichinautzin. La correlación de éste pozo con otros dos previamente descritos, localizados al norte (Mixhuca) y sur (Tulyehualco), sugiere que el pozo San Lorenzo Tezonco se localiza dentro de una estructura de graben, misma que alberga a la sierra volcánica de Santa Catarina.

SE02-2

**INTERPRETACIÓN DEL REGISTRO GEOFÍSICO DEL POZO PROFUNDO SAN LORENZO TEZONCO Y SU CORRELACIÓN CON LA LITOLÓGICA EN LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO**

Lezama Campos José Luis<sup>1</sup>, Morales Casique Eric<sup>2</sup>, Escolero Fuentes Oscar<sup>2</sup> y Arce Saldaña José Luis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología, IG

<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM

lezamac.jl@gmail.com

Se describen los resultados obtenidos del análisis realizado al registro geofísico del pozo profundo San Lorenzo Tezonco (SLT) ubicado en la delegación Iztapalapa, Distrito Federal. El análisis se efectuó utilizando principalmente las curvas de resistividad eléctrica que permitieron identificar y delimitar cinco unidades hidrogeológicas que destacan por su grado de permeabilidad y la posible presencia de agua dentro de la formación. Las unidades propuestas presentan un alto grado de heterogeneidad en su resistividad y en su porosidad y permeabilidad (estos parámetros inferidos cualitativamente del registro eléctrico). Además se realiza una correlación cualitativa con la litología observada en pozos adyacentes y con el correspondiente modelo geológico de la cuenca del Valle de México, dando lugar a algunas controversias sobre el tipo de depósito que se puede diferenciar a través de los resultados obtenidos. Finalmente se realizan comentarios y discusiones para continuar con el trabajo de interpretación más detallado.

SE02-3

**SEDIMENTACIÓN LACUSTRE DURANTE EL CUATERNARIO TARDÍO EN LA CUENCA DE CHALCO**

Ortega Guerrero Beatriz<sup>1</sup>, Lozano García María del Socorro<sup>2</sup>, Caballero Miranda Margarita<sup>1</sup> y Herrera Hernández Dimitris<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNAM

<sup>3</sup>Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Autónoma de Santo Domingo  
bortega@geofisica.unam.mx

La subcuenca de Chalco, perteneciente a la cuenca de México (19° 15' N, 98° 58' W, 2200 m asl), contiene uno de los registros de las variaciones paleoclimáticas y paleoambientales del Cuaternario tardío más detalladamente analizados en México. En este antiguo lago se recuperaron, entre 1987 y 1989, cinco núcleos de sedimentos lacustres de hasta 27 m de profundidad. En una segunda fase, entre 2008 y 2011 se perforaron seis núcleos de sedimentos que alcanzaron 122 m de profundidad. La escala temporal para los 20 m superiores se estableció a través de más de 30 fechamientos de 14C. La secuencia recuperada contiene potencialmente la historia del clima de la región de los últimos ca. 220 ka. Por otra parte, el ambiente volcánico y tectónico activo de Chalco, ubicado en la parte central del Cinturón Volcánico Transmexicano, ofrece la oportunidad de evaluar los controles ambientales (volcánicos + tectónicos) en la sedimentación lacustre. El análisis de los indicadores biológicos (polen, diatomeas, ostrácodos, cladóceros), mineralógicos (mineralogía magnética) y geoquímicos de la secuencia sedimentaria #aún en proceso-, proporciona la base para el reconocimiento de los ambientes de depósito y de la arquitectura de la parte superior de la sucesión lacustre. Las facies sedimentarias se definieron con base en descripciones sedimentológicas, observaciones al microscopio y análisis geoquímicos. De acuerdo a criterios composicionales, se identifican 12 facies sedimentarias, agrupadas en tres categorías principales: 1) detriticas y volcanoclasticas, 2) biogénicas y 3) carbonatadas. Las facies clásticas incluyen limos y limos arcillosos, masivos a laminados, compuestos principalmente de feldespatos, anfíboles, cuarzo, minerales opacos y arcillas. El contenido de materia orgánica es bajo e incluye restos de diatomeas, ostrácodos, carbón, polen y materia orgánica amorfa. Las diatomeas son el resto orgánico más común en esta facies. Los depósitos volcánicos están constituidos por cerca de 100 capas individuales de 1-50 cm de espesor, las cuales representan en conjunto < 3% del espesor total de la secuencia sedimentaria recuperada. Dos de ellos corresponden a erupciones bien documentadas de los volcanes Popocatepetl y Nevado de Toluca. Las facies biogénicas son oozes de diatomeas o de ostrácodos, masivas a finamente laminadas. Las facies carbonatadas ocurren como lodo micrítico masivo a finamente laminado compuesto de calcita, y cantidades menores de dolomita y siderita. De acuerdo a estas facies, la secuencia de Chalco ha sido dividida en seis unidades principales. U6 (122-108 m): dominada por facies biogénicas de ooze de diatomeas y facies carbonatadas de lodo micrítico. U5 (108-90 m): facies clásticas de limo pardo oliva masivo con diatomeas. U4 (90-68 m): facies clásticas de limo rojo masivo. U3 (68-40 m): facies clásticas de limo pardo grisáceo. U2: (40-7 m): facies clásticas de limos pardos y facies biogénicas de ooze de ostrácodos. U1 (7-0 m): facies clásticas de limos ricos en materia orgánica y facies biogénicas de ooze de diatomeas.

SE02-4

**DILUCIDANDO LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS DEL ÚLTIMO CICLO GLACIAL EN EL TRÓPICO DE ALTURA: EL REGISTRO PALEOECOLÓGICO DE LA CUENCA DE CHALCO**

Lozano García María del Socorro<sup>1</sup>, Torres Rodríguez Esperanza<sup>2</sup>, Cárdenes Guara<sup>3</sup>, Caballero Miranda Margarita<sup>4</sup> y Ortega Guerrero Beatriz<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geología, UNSM

<sup>3</sup>Florida Technology Institute,

<sup>4</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

mslozano@unam.mx

La variabilidad climática en escalas milenarias del último ciclo interglacial/glacial, como son los eventos Heinrich y los eventos Dansgaard/Oeschger, ha sido documentada en varias regiones de Norteamérica, sin embargo, en pocos sitios del trópico americano se ha reportado. La respuesta ambiental de los ecosistemas continentales de zonas tropicales de altura a la variabilidad climática milenaria, no está caracterizada por lo que es necesario detectar si hay consistencia entre las temperaturas de la superficie del nor-Atlántico tropical reportadas para el glacial y las variaciones ambientales en la región montañosa del centro de México. Se presentan los avances sobre las investigaciones paleoecológicas realizadas en una secuencia sedimentaria compuesta (122m) obtenida en el lago de Chalco, al sur de la cuenca de México (19°14' 40.99" N 98°53' 30.99" W). Estos análisis han aportado información sobre los cambios climáticos rápidos, la respuesta de los ecosistemas, los cambios en los ambientes sedimentarios y geoquímicos.

Aunque el marco cronológico se está afinando, se estima que la parte superior de la secuencia que se presenta, primeros 80 m, abarca los últimos 130,000 años, incluyendo el registro del cambio climático y ambiental del MIS 5 al MIS 1. A través del análisis geoquímico (Carbono orgánico e inorgánico total, Carbono/Nitrógeno) y del análisis palinológico, en combinación con el registro de partículas de carbón se detectan cambios abruptos en el ambiente y las comunidades vegetales reflejan cambios en temperatura y precipitación. Hay evidencias que sugieren un aumento en la productividad lacustre (COT) durante los periodos interestadiales, mientras que para los estadales hay incremento en la precipitación de carbonatos e incrementos en las partículas de carbón indicando ambientes secos en la cuenca. Se reconstruye la dinámica de la vegetación montana donde hay remplazos de taxa ante el cambio ambiental, así como cambios en la estructura de la vegetación. Por otra parte, las comunidades lacustres locales documentan variaciones en los niveles lacustres en sintonía con el cambio climático. Las evidencias paleoecológicas sugieren que el lago de Chalco disminuyó su nivel hasta secarse durante el periodo del MIS 5e (ca. 125,000 años) y posteriormente se detectan oscilaciones en las comunidades de plantas.

SE02-5

### PARTÍCULAS DE MATERIAL SEDIMENTARIO LACUSTRE COMO INDICADOR DE RÉGIMENES DE INCENDIOS EN EL CENTRO Y SUR DE MÉXICO

López Pérez Minerva<sup>1</sup> y Correa Metrio Alexander<sup>2</sup><sup>1</sup>Instituto de Geología, I.G.<sup>2</sup>Instituto de Geología

minervalop@ciencias.unam.mx

En las reconstrucciones paleoambientales basadas en registros sedimentarios lacustres se utiliza el material carbonizado como principal indicador de incendios. Las partículas de material carbonizado se forman cuando ocurre un proceso de pirólisis incompleta de tejidos vegetales durante los incendios. En México, se ha utilizado este material en diversos trabajos como una herramienta para comprender mejor las dinámicas de la vegetación en el tiempo. Sin embargo, es importante estudiar la tafonomía del material carbonizado que se deposita en registros lacustres con el fin de afinar las reconstrucciones ambientales basadas en él. Haciendo uso de información de incendios modernos percibidos por imágenes satelitales, se relacionaron los incendios que ocurrieron alrededor de 22 lagos en la Faja Volcánica Transmexicana y 51 Lagos en la Península de Yucatán con el material carbonizado contenido en los mismos, para conocer las variables más importantes en la relación material carbonizado-incendios. En base a un Análisis de Factores Múltiple se determinó el grado de correlación de variables climáticas, ambientales con las partículas de material carbonizado. Posteriormente, se realizó un Análisis de Redundancia Parcial, de manera que se pudo reconocer la contribución relativa en términos de la varianza de variables climáticas, de cobertura, e incendios acontecidos a rededor de los lagos. Con este trabajo fue posible identificar la temporalidad que alcanzan las partículas de material carbonizado al inferir incendios a partir de ellas, así como reconocer la importancia de la vegetación como moduladora de los regímenes de fuego del pasado.

SE02-6

### IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS EN LAS FUNCIONES ECOLÓGICAS DE LOS SUELOS DEL VALLE DE MÉXICO

Siebe Grabach Christina<sup>1</sup> y Cram Heydrich Silke<sup>2</sup><sup>1</sup>Instituto de Geología, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México

siebe@unam.mx

En el último siglo el crecimiento poblacional, las diversas obras de drenaje y el incremento de la actividad industrial han tenido un fuerte impacto ambiental en el Valle de México. En este trabajo se analiza a partir de un análisis bibliográfico, cartográfico y de imágenes de plataformas remotas diversas cómo el crecimiento de la mancha urbana ha sellado superficies y reducido la infiltración del agua pluvial en algunas secciones de la cuenca. También se analiza cómo el desecamiento de los cuerpos de agua superficiales y el aprovechamiento de manantiales para suministro de agua potable ha contribuido localmente al ensalitramiento de suelos. Se muestra además cómo estas actividades han promovido procesos de erosión eólica, que deterioran la calidad del aire durante la época seca. Se evalúan estos impactos en forma diferenciada por unidad de suelo y se cuantifica la pérdida de potenciales de uso resultante.

SE02-7

### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE UN POZO CON 2008 M DE PROFUNDIDAD Y SUS IMPLICACIONES EN LA HIDROGEOLOGÍA REGIONAL EN EL VALLE DE MÉXICO

Morales Casique Eric, Escolero Fuentes Oscar y Arce Saldaña José Luis

Instituto de Geología, UNAM

ericmc@geologia.unam.mx

Los resultados de un pozo exploratorio con 2008 m de profundidad permiten investigar las características hidrogeológicas de las formaciones profundas en la Cuenca de México. Con base en el análisis del corte litológico y el registro eléctrico se proponen cinco unidades hidrogeológicas que son altamente heterogéneas en su composición y parámetros hidrogeológicos. Con base en el aforo fue posible calcular una conductividad hidráulica aparente para la unidad inferior que es la captada por el pozo (de 1176 a 2008 m). Puesto que únicamente se contó con muestras de recorte, la incertidumbre en el corte litológico es alta; para reducirla será necesario obtener núcleos en exploraciones futuras. Adicionalmente se analizan las características químicas e isotópicas del agua subterránea. La composición de iones mayores sugiere que el agua proviene de sistemas de circulación profunda mientras que la composición isotópica de oxígeno 18 y deuterio sugiere un origen por infiltración de la precipitación. Datación del agua por Carbono 14 (corregida por Carbono 13) sugiere una edad de  $14237 \pm 265$  años. Las implicaciones de estos resultados para el modelo conceptual hidrogeológico de la cuenca son discutidas.

SE02-8

### LAS RELACIONES SUBSIDENCIA-ABATIMIENTO DEL SISTEMA ACUÍFERO DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y SUS ZONAS DE RIESGO POR FALLAMIENTO SUPERFICIAL

Solano Rojas Dario<sup>1</sup>, Cabral Cano Enrique<sup>2</sup>, Hernández Espriú José Antonio<sup>3</sup>, Falorni Giacomo<sup>4</sup>, Bohane Adrian<sup>5</sup> y Wdowski Shimon<sup>6</sup><sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México<sup>4</sup>TRE Canada Inc. Vancouver, BC, Canadá<sup>5</sup>TRE Canada Inc. Vancouver, BC, Canadá<sup>6</sup>University of Miami-RSMAS

dario\_solano@yahoo.com.mx

El sistema acuífero del Valle de la cuenca de México se compone de un acuitardo superior de ~70 m de espesor de horizontes de arcillas de origen lacustre, un acuífero granular de ~800 m de espesor de origen volcánico semiconfinado por el acuitardo superior, un acuífero inferior de rocas volcánicas fracturadas de 2000 m de espesor y una unidad acuífera calcárea profunda. Las actividades de extracción de agua en la Ciudad de México se llevan a cabo en la unidad acuífera granular semiconfinada, sin embargo, las agresivas tasas de extracción de agua producen la caída del nivel piezométrico y generan flujos verticales por goteo en el acuitardo superior, lo que ocasiona reacomodo por consolidación y deformación acumulativa por subsidencia. Esto genera gradientes horizontales de subsidencia pronunciados en las zonas de piedemonte de los altos topográficos de origen volcánico, en donde además se presenta urbanización con alta densidad de población.

En este estudio se analizan los hidrógrafos y las tasas de abatimiento para 18 pozos selectos en cinco diferentes zonas de tasa de subsidencia y se comparan con las magnitudes de subsidencia de dispersores permanentes generados por el análisis interferométrico SqueeSAR en un radio de 120 m, gracias a los cuales se pueden observar las relaciones subsidencia-abatimiento del sistema acuífero de la Ciudad de México.

También se analiza la evolución temporal de las zonas de riesgo por fallamiento asociado a subsidencia que ha generado el crecimiento de la mancha urbana para el periodo de 1986 a 2010 en la zona metropolitana de la Ciudad de México determinadas a partir de imágenes Landsat y de una matriz de riesgo de gradiente de subsidencia y densidad de población. Este análisis muestra que de los actuales ~214 km<sup>2</sup> de la zona urbana que se encuentra clasificada como zonas de alto riesgo y los ~70 km<sup>2</sup> en la zona de muy alto riesgo, el 19.4% y 27.4% respectivamente se desarrollaron en este periodo de 24 años, y dentro de las cuales habitan casi un millón de personas, lo que representan el 18.3% y 24.5% de los habitantes actuales en las zonas de alto y muy alto riesgo respectivamente.

SE02-9

### CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE FALLAS ASOCIADOS AL PROCESO DE SUBSIDENCIA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Solano Rojas Dario<sup>1</sup>, Cabral Cano Enrique<sup>2</sup>, Hernández Espriú José Antonio<sup>3</sup>, Arellano Gil Javier<sup>3</sup>, Arcos Hernández José Luis<sup>3</sup> y Wdowski Shimon<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>4</sup>University of Miami, RSMAS

dario\_solano@yahoo.com.mx

Las condiciones de fracturamiento superficial en el Distrito Federal se ajustan a un modelo general: altos topográficos de naturaleza ígnea de alta competencia mecánica, zonas de transición con mezcla de materiales de competencia intermedia rodeadas de sedimentos (deformables en el campo dúctil) que presentan compresibilidad por desequilibrio mecánico debido a actividades de extracción de agua subterránea y la consecuente caída del nivel estático. Esto genera fracturamiento en regiones de piedemonte, fracturamiento inducido por la morfología del basamento, fracturamiento por carga estática de las obras civiles y fracturas asociadas a actividades extractivas y consolidación de sedimentos.

En este estudio se muestran los resultados del análisis de direcciones preferenciales de fracturamiento de 15 estaciones de muestreo (en roca y en sedimentos) en regiones previamente conocidas por sufrir deformación superficial de la Ciudad de México. Estas zonas están asociadas a regiones de alto gradiente horizontal de subsidencia, demostrando que las zonas de mayor densidad de fracturamiento están asociadas a zonas de mayores gradientes de subsidencia, sin estar necesariamente asociadas a fallas regionales del basamento, evidenciando así la influencia de los factores locales de subsidencia.

SE02-10

### IMPLICACIONES DE LA DEFORMACIÓN DE SECUENCIAS ARCILLOSAS EN EL PROCESO DE SUBSIDENCIA Y FRACTURAMIENTO DEL SUBSUELO AL ORIENTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Carreón Freyre Dora<sup>1</sup>, Cerca Martínez Mariano<sup>1</sup>, González Hernández Marcos<sup>2</sup>, Gutiérrez Calderón Raúl Iván<sup>2</sup>, López Quiroz Penélope<sup>1</sup> y Ochoa González Gil<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Evaluación de Riesgo Geológico, Delegación Iztapalapa

<sup>3</sup>ITESO

freyre@geociencias.unam.mx

Las propiedades geomecánicas de las secuencias arcillosas que constituyen el subsuelo de la Ciudad México han sido ampliamente documentadas, es característica su elevada compresibilidad y alto contenido de agua así como su susceptibilidad al fracturamiento. De igual manera se ha reportado que durante los últimos 50 años, a medida que ha descendido el nivel piezométrico en la secuencia granular, los materiales arcillosos se han consolidado y han aumentado su rigidez. Sin embargo, aun cuando la deformabilidad de la secuencia arcillosa ha disminuido la tasa de subsidencia en los límites de la planicie lacustre ha aumentado hasta alcanzar velocidades que varían de 20 a 40 cm por año.

En este trabajo se presentan resultados de caracterización de propiedades geomecánicas de los materiales arcillosos de algunas secuencias de la planicie lacustre al oriente de la Ciudad de México, en particular sus variaciones en compresibilidad y resistencia al corte. Se muestra la relación existente entre sus condiciones de deposición y evolución con su comportamiento mecánico y se evalúa su respuesta al cambio en el estado de esfuerzos generado por el abatimiento piezométrico que se asocia con la excesiva extracción de agua subterránea en zonas localizadas.

Los resultados obtenidos permiten plantear un modelo de deformación de la secuencia volcánica y fluvio-lacustre y analizar los factores que condicionan su propagación desde el subsuelo hacia la superficie. Se plantea que el proceso de subsidencia y fracturamiento puede iniciarse a las profundidades de extracción del agua subterránea y que la consolidación diferencial de los materiales arcillosos, altamente heterogéneos, no afecta solo a los materiales superficiales sino a toda la secuencia granular. Las variaciones en la propagación de la deformación se evidencian con las características geométricas de los sistemas de fallas y fracturas documentadas que incluyen: planos localizados con trazas con longitudes variables de decenas a miles de metros, desplazamientos normales con bloques caídos hacia la planicie del valle lacustre y aperturas variables en superficie.

Este modelo implica que cualquier cambio en el estado general de esfuerzos del relleno sedimentario de la Ciudad de México, generado por (1) la extracción o infiltración de agua en zonas fracturadas o de falla, (2) la sobrecarga estática por urbanización, o (3) la sobrecarga dinámica como vibraciones asociadas eventos sísmicos; puede propiciar la propagación del fracturamiento o la reactivación en el desplazamiento de fallas preexistentes.

SE02-11

### MODELO GEOESTADÍSTICO TRIDIMENSIONAL DE HIDROFACIES Y SU PARAMETRIZACIÓN HIDROGEOLOGICA EN UNA PORCIÓN DEL ACUÍFERO ALUVIAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Medina Ortega Priscila<sup>1</sup>, Morales Casique Eric<sup>1</sup>, Escolero Fuentes Oscar<sup>1</sup> y Hernández Espriú José Antonio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología, UNAM

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

unmeipriscila@hotmail.com

La gestión del agua subterránea requiere un conocimiento adecuado del sistema hidrogeológico que incluya una descripción, a una escala apropiada, de la variabilidad espacial de las propiedades hidráulicas de las formaciones. Sin embargo, esta descripción es incierta debido a que típicamente no se cuenta con mediciones suficientes para una caracterización espacial detallada. En este trabajo, exploramos la posibilidad de utilizar información cualitativa (registros litológicos de pozos) como apoyo para definir la variabilidad espacial de una porción del sistema acuífero de la Ciudad de México. Para esto se obtuvieron registros litológicos de 111 pozos localizados entre las delegaciones de Iztapalapa e Iztacalco en un área de 250 km<sup>2</sup>. La profundidad de los pozos varía entre 97 y 400 m, y la densidad de datos permitió caracterizar hasta una profundidad de 300 m. En los registros litológicos fueron identificadas 9 litologías que a su vez fueron agrupadas en 4 hidrofacies, donde una hidrofacies se define como un grupo de litologías con propiedades hidráulicas similares. Las 4 hidrofacies son: (a) hidrofacies A de baja permeabilidad y caracterizada por sedimentos lacustres que muestran cierta continuidad espacial, (b) hidrofacies B, también de baja permeabilidad, agrupa depósitos de tobas, arcilla-arena, arena-arcilla y conglomerado que se presentan de manera discontinua en los registros litológicos, (c) hidrofacies C agrupa litologías de origen volcánico de alta permeabilidad y (d) hidrofacies D agrupa litologías de origen sedimentario de alta permeabilidad. Una vez clasificados y convertidos a hidrofacies, el conjunto de datos fue discretizado en la vertical en intervalos de 2 m y se analizaron sus características de correlación espacial tridimensional utilizando variogramas indicadores. Finalmente, el modelo tridimensional de la distribución de hidrofacies se obtuvo promediando el resultado de 1000 realizaciones obtenidas mediante simulación secuencial indicador. Adicionalmente, esta metodología permite calcular una medida de la incertidumbre de estimación en el modelo tridimensional mediante la varianza de estimación de las realizaciones. A partir del modelo tridimensional de las hidrofacies se implementó un modelo de flujo de agua subterránea (usando Modflow) para simular tres pruebas de bombeo y calcular valores aparentes del almacenamiento específico y la conductividad hidráulica de cada hidrofacies.

SE02-12

### MODELO DRASTIC-SG: UNA NUEVA HERRAMIENTA PARA MEJORAR LAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN EN EL ACUÍFERO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Hernández Espriú José Antonio<sup>1</sup>, Cabral Cano Enrique<sup>2</sup>, Carrera Hernández Jaime<sup>3</sup>, Macías Medrano Sergio<sup>4</sup> y Macías González Héctor<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Grupo de Hidrogeología, UNAM

<sup>2</sup>Departamento de Geomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>4</sup>Grupo de Hidrogeología, División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM

<sup>5</sup>Profesor jubilado de la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM

ahespriu@dictfi.unam.mx

En este trabajo se presenta el Modelo DRASTIC-Sg, una nueva extensión del clásico método DRASTIC (Aller et al. 1987) para caracterizar la variación espacial de la vulnerabilidad del agua subterránea, en acuíferos urbanos sujetos a procesos de subsidencia diferencial. Para tales efectos, se ha diseñado e incorporado una nueva variable a DRASTIC, denominada gradiente de subsidencia (Sg, por sus siglas en inglés Subsidence gradient), para representar la deformación del terreno controlada por subsidencia. Este nuevo elemento es particularmente útil para detectar áreas donde los efectos de subsidencia puedan causar daños a infraestructura urbana (estaciones de servicio, ductos, tanques subterráneos, etc.), favoreciendo derrames de contaminantes al subsuelo, a través de la propagación de nuevas fracturas someras, que se generan por efectos de subsidencia diferencial. El Modelo DRASTIC-Sg fue probado en un sector del Sistema Acuífero de la Ciudad de México (en el área comprendida del Distrito Federal), donde la subsidencia se ha registrado desde hace más de 1 siglo.

Se usó un análisis de imágenes de satélite InSAR/SqueeSAR y validación con 9 estaciones permanentes de GPS para caracterizar la variación espacial de la tasa y gradiente de subsidencia en la ciudad (2003-2007; 2004-2011, respectivamente). No existe una correlación lineal entre las tasas de abatimiento del universo de pozos en el DF y las tasas de subsidencia en la misma región. Esto indica que la deformación del terreno no puede atribuirse a un solo factor,

como el sobre-bombeo, sino que existen variables adicionales como la litología, el espesor del acuitardo, contenido de agua, comportamiento elasto-plástico y despresurización del medio poroso, que juegan un importante rol.

Una comparación estadística entre ambos métodos (DRASTIC vs. DRASTIC-Sg), sugiere que, usando la metodología convencional de DRASTIC en el DF, se determinaron que las zonas "más seguras" en términos de susceptibilidad acuífera a la contaminación (clases de muy baja y baja vulnerabilidad), se localizan en áreas de gradientes de subsidencia altos, revelando una tendencia de baja vulnerabilidad-alta subsidencia diferencial. Esto implica que DRASTIC puede subestimar la vulnerabilidad del agua subterránea en acuíferos afectados por subsidencia. En cambio, DRASTIC-Sg mostró mayor efectividad para establecer una correlación más lógica de alta vulnerabilidad-alta subsidencia diferencial, permitiendo análisis más detallados que consideran condiciones dinámicas, como el desarrollo continuo de fracturas controladas por subsidencia, que representan canales preferenciales en el subsuelo para la migración de contaminantes disueltos.

Se concluye que la subsidencia representa de manera general, una variable importante en la vulnerabilidad del agua subterránea, por lo que se propone considerarla como parte de los análisis de mapas de vulnerabilidad en acuíferos urbanos con subsidencia. La metodología presentada puede ser fácilmente replicada en muchos acuíferos en el mundo con condiciones similares (Yunlin, China; Teherán, Irán; Mashhad, Jakarta; Nevada, EUA y otros). Finalmente se considera que el Modelo DRASTIC-Sg representa una nueva herramienta para mejorar las prácticas de gestión hídrica, ambiental, urbana y de regulación de fuentes contaminantes en la Ciudad de México.

SE02-13 CARTEL

#### PALEOBIODICADORES AMBIENTALES EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS EN EL NORTE DE LOS NEOTRÓPICOS

Pérez Liseth<sup>1</sup>, Caballero Miranda Margarita<sup>2</sup>, Maidana Nora<sup>3</sup>, Masaferro Julieta<sup>4</sup>, Schwalb Antje<sup>5</sup>, Lozano García María del Socorro<sup>1</sup>, Correa Metrio Alexander<sup>1</sup>, Pailles Christine<sup>6</sup>, Sylvestre Florence<sup>6</sup>, Scharf Burkhard<sup>5</sup>, Hollwedel Werner<sup>7</sup> y Brandorff Gerd-Oltmann<sup>8</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Universidad de Buenos Aires, Argentina

<sup>4</sup>CENAC-APN, CONICET, Bariloche, Argentina

<sup>5</sup>Institut für Geosysteme und Bioindikation, Technische Universität Braunschweig, Germany

<sup>6</sup>CEREGE, Université Aix-Marseille, CNRS, IRD, France

<sup>7</sup>Oldenburger Strasse 16A, 26316, Varel, Germany

<sup>8</sup>Georg-Gräfning-Str. 29A, 28209, Bremen, Germany

lcperaza@geologia.unam.mx

Existen pocos estudios paleoambientales y paleoclimáticos que combinen múltiples paleobiodicadores (ostrácodos, cladóceros, copépodos, diatomeas, quironómidos y tecamebas) en sus reconstrucciones. La Península de Yucatán y regiones aledañas presentan abundantes ecosistemas acuáticos y una alta diversidad y abundancia de estos grupos taxonómicos. El primer paso para una reconstrucción paleoambiental robusta es tener una buena identificación de las especies, así como un buen conocimiento de sus preferencias ecológicas. Con este fin, se estableció un set de calibración en 69 cuerpos lacustres en la Península de Yucatán, Guatemala y Belice. El hábitat de las especies fue caracterizado mediante la medición in situ de parámetros físico-químicos y la colecta de muestras de agua para el análisis de iones mayores. Sedimentos superficiales fueron colectados para realizar análisis de las abundancias relativas de los organismos. Esta información será utilizada para desarrollar funciones de transferencia que serán aplicadas a las comunidades fósiles en los núcleos de sedimentos del lago Petén Itzá, Guatemala (200,000 años) para reconstruir variables ambientales, tales como conductividad, composición química del agua, niveles del lago, etc. Siguiendo la misma lógica, otro set de calibración (28 lagos) ha sido establecido para cuerpos de agua del centro de México, con el objetivo de realizar la reconstrucción paleoambiental de la secuencia del lago de Chalco (200,000 años). Los objetivos principales de nuestro estudio son 1) el conocer las preferencias ecológicas y abundancias relativas de las especies de los diferentes grupos taxonómicos en la región, 2) armonizar la taxonomía de los sets de calibración de la Península de Yucatán y del centro de México, 3) desarrollar funciones de transferencia y aplicarlas a los registros sedimentarios del lago Petén Itzá y Chalco en el norte de los Neotrópicos, y 4) realizar reconstrucciones paleoambientales robustas basadas en múltiples paleobiodicadores.

SE02-14 CARTEL

#### OSTRÁCODOS NO-MARINOS COMO PALEOBIODICADORES AMBIENTALES DEL CUATERNARIO TARDÍO EN EL NORTE DE LOS NEOTRÓPICOS

Pérez Liseth<sup>1</sup>, Lozano García María del Socorro<sup>1</sup>, Caballero Miranda Margarita<sup>2</sup> y Schwalb Antje<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Institut für Geosysteme und Bioindikation, Technische Universität Braunschweig, Germany

lcperaza@geologia.unam.mx

Los sets de calibración de cuerpos lacustres son necesarios para conocer las preferencias ecológicas de las especies bioindicadoras, que serán utilizadas para realizar las reconstrucciones ambientales y climáticas. Parámetros físico-químicos fueron determinados in situ y muestras de sedimentos superficiales y de agua fueron colectadas en 28 lagos a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). Un total de 15 especies de ostrácodos no-marinos habitan en la región y su distribución está determinada principalmente por la conductividad y la composición química del agua. Las variables ambientales medidas junto con las abundancias relativas de las especies de ostrácodos servirán para desarrollar funciones de transferencia para reconstruir cuantitativamente la conductividad y composición química del agua del Lago de Chalco el cual contiene un registro sedimentario de aprox. 800,000 años. Estudios preliminares en los sedimentos del lago demuestran que la presencia de ostrácodos fósiles no es continua, por lo que será necesario combinar resultados derivados de otros bioindicadores como diatomeas, quironómidos, tecamebas, etc. Los ostrácodos son muy escasos o casi ausentes durante el Último Máximo Glacial (UGM) y deglaciación, mientras que durante la mayor parte del Holoceno fueron más diversos y abundantes. Altas abundancias y baja riqueza (2 spp.) se encuentran en sedimentos más antiguos que el UGM. El Holoceno se caracteriza por la presencia de *Darwinula stevensoni*, *Cypria* sp., *Eucandona patzcuaro*, *Limnocythere* sp., *Potamocypris* sp. Se analizarán los isótopos estables en valvas fósiles de ostrácodos para utilizarlos como indicadores hidrológicos. El registro isotópico y las abundancias relativas de los núcleos del lago de Chalco se compararán con los del lago Petén Itzá, norte de Guatemala para reconstruir el paleoclima del norte de los Neotrópicos.

SE02-15 CARTEL

#### MODELADO DE DESPLAZAMIENTOS DEL SUELO EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Esquivel Ramírez Rubén y Castañeda Romo Laura Patricia  
Dirección General de Geografía y Medio Ambiente, INEGI  
ruben.esquivel@inegi.org.mx

Se presentan los resultados iniciales del estudio que se lleva a cabo para obtener desplazamientos verticales y horizontales en la Ciudad de México. El estudio tiene como objetivo cuantificar y modelar los desplazamientos verticales y horizontales por subsidencia, así como diferenciar los que son disparados por eventos sísmicos. En la etapa inicial del proyecto se aplica la técnica de interferometría SAR con imágenes de TerraSAR-X.

SE02-16 CARTEL

#### TEMPERATURA EN EL VALLE CENTRAL DE MÉXICO DURANTE LOS ÚLTIMOS 30,000 AÑOS: FLUCTUACIONES Y TASAS DE CAMBIO

Lozano García María del Socorro, Sosa Nájera Susana y Correa Metrio Alexander  
Instituto de Geología, UNAM  
mslozano@unam.mx

El clima Cuaternario ha sido altamente variable, y sin embargo, existen pocas reconstrucciones cuantitativas para áreas continentales de latitudes bajas. En consecuencia, el papel del clima a escala milenaria en los patrones globales de diversidad de zonas tropicales permanece en un plano especulativo. Los registros de polen de México muestran una estrecha relación en términos de la evolución de la vegetación y los patrones climáticos globales, ofreciendo información que puede ser de utilidad en la estimación cuantitativa de los cambios climáticos del pasado. En este estudio, presentamos la reconstrucción de la temperatura para la Cuenca de Chalco basado en registros de polen de los últimos 30,000 años. Para el efecto, se utilizaron muestras superficiales de 40 lagos localizados en el centro de México para construir funciones de transferencia polen-temperatura, mismas que arrojaron un error promedio de 1.12 oC. De acuerdo a los resultados producidos, durante el último máximo glacial la temperatura media anual del valle central de México estaba aproximadamente 5 oC por debajo de su promedio moderno. En términos de la velocidad del desplazamiento de las isoterma (espacio climático), el registro sugiere que los cambios ocurridos durante el Holoceno temprano a medio (50 m/año) fueron menores a aquellos que caracterizaron el periodo glacial (entre

50 y 400 m/año). Estos resultados sugieren que el clima durante el Cuaternario en el centro de México cambió mas rápido que lo que hasta el momento se había estimado mediante el uso de modelos para el mismo periodo de tiempo. Sin embargo, las velocidades de los cambios en temperatura fueron por lo menos 6 veces menores que los cambios que se han reportado para los últimos 40 años. Así, el clima del valle central de México ha sido bastante variable durante los últimos 30,000 años, pero la desaparición de los climas de alta montaña es probablemente el mayor riesgo asociado a los cambios climáticos modernos.