

Sesión especial

Energía geotérmica: exploración, explotación y aplicaciones

Organizadores:

José Manuel Romo Jones
Luis Carlos Gutiérrez Negrín
Rosa María Prol
Víctor Hugo Garduño

SE03-1

ESTRUCTURAS BASIN&RANGE EN LA PARTE CENTRAL DE LA FAJA VOLCANICA MEXICANA (CUENCA DEL CUITZEO) Y ACTIVIDAD GEOTERMICA DE LA ZONA.

Mazzoldi Alberto, Guevara Alejandro Guevara, Gomez Joaquin Gomez y Garduño-Monroy Víctor Hugo
Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CEMIE-GEO
amazoldi@lbl.gov

El Cinturón Volcánico Mexicano (CVM) consiste de más de 8000 volcanes y su eje horizontal está inclinado de ~15° con respecto a el Nort American Trench (MAT). Muchos autores identifican como causa la complicada subducción bajo la MAT en superficie de las placas de Cocos y de Rivera. En la Cuenca del lago Cuitzeo, sector central del CVM se identifican tres principales sistemas de fallas tectónicas de dirección E-O, NE-SO y de NNW-SSE hasta NNE-SSW. Las estructuras NE-SO son las responsables del vulcanismo reciente, mientras que el sistema E-O es lo más activo, definido por la general extensión hacia el N del área y que tiene una edad comparable con la del CVM, de alrededor de 15Ma. Fallas de strike NNW a NNE son causadas por la tectónica extensiva Basin & Range del Mioceno temprano (?45Ma?). También son activas e interesan rocas del basamento sobre el cual se construye el CVM. Las manifestaciones hidrotermales al sur del sector central del lago Cuitzeo, cerca del poblado de San Agustín del Maíz, siguen en superficie la traza de la falla ENE-WSW que borda el lago interesando un área de 1 Km² (y una extensión lineal ENE-WSW de unos 3 km), presentan temperaturas en superficie de hasta los 100°C y han dejado en la superficie depósitos de sinter biogénico de hasta 1.5 m de espesor, siendo todavía activos. La análisis geomagnética de superficie resalta la presencia de un cuerpo magmático (anomalía positiva) a una profundidad entre 1 y 2.5km, bajo la península de Cuitzeo, al norte. Fijando la atención sobre bajas frecuencias magnéticas, la anomalía evidencia un dique de strike NNW que ha evidentemente disfrutado del plano de una falla Basin & Range. Estas, diferentemente de las normales -E-O, listricas en profundidad, tienen un dip casi vertical que adjunto a la mayor edad las hace vías preferenciales por la subida de magma desde la profundidad. En este trabajo describimos la anomalía magnética encontrada, desarrollamos un modelo geológico que prevé como el agua calentada en profundidad disfrute de una zona a elevada fracturación debida por el cruzamiento de fallas -N-S y -E-O y especulamos sobre la posible relación geodinámica de las estructuras Basin & Range con la tear fault que separa secciones de la placa de Cocos en subducción a diferente dip, correspondiente con la subducción de la Orozco Fracture Zone.

SE03-2

RELACIÓN ENTRE DEPÓSITOS HIDROTERMALES-FALLAS Y FRACTURAS EN LAGO DE CUITZEO, MÉXICO

Maciel Rivera Addí Emanuel¹, Jiménez Haro Adrián² y Garduño Monroy Víctor Hugo³

¹Maestría en Geociencias y planificación del territorio-UMNSH y CeMIE-Geo

²Escuela de Ciencias de la Tierra-Instituto Politécnico Nacional y CeMIE-Geo

³Maestría en Geociencias y planificación del territorio-UMNSH, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UMSNH y CeMIE-Geo
addi_semi@hotmail.com

Para determinar la evolución estructural de una zona geotérmica es importante comprender las relaciones entre los depósitos hidrotermales las fracturas y fallas geológicas presentes en la zona. El lago de Cuitzeo se localiza en la región perteneciente al límite Sur de la zona de fallas Zacapu-Salvatierra, así como dentro del sector Oeste del sistema de fallas activas Morelia-Acambay, que tiene una orientación preferencial E-W y corta longitudinalmente la parte central de la FVTM, representando tectónicamente una de las estructuras más relevantes de la región. En las márgenes del sur del lago existen cuatro zonas geotérmicas (San Agustín del Maíz, Araró, San Agustín del Pulque y Chucandiro). Los depósitos hidrotermales que se observan en las fallas de la zona de Cuitzeo tienen diferentes fases mineralógicas tanto en planos de fallas diferentes como en un mismo plano, pero que tuvo variados tipos de cinemática en el tiempo. Estos minerales neoformados crecen en correspondencia con las estrías de movimiento, por lo que ellos son contemporáneos a determinadas fases de deformación que seguramente traducirán relaciones entre estos minerales y la actividad geotérmica de la zona. Así mismo el estudio mineralógico nos aporta condiciones de temperaturas de fluidos hidrotermales, así como la probable profundidad del plano de falla.

SE03-3

LOS PULSOS IGNI-MBRÍTICOS ASOCIADOS A LA CALDERA TIPO GRABEN DE LA PORCIÓN SUROESTE DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN; EVIDENCIAS LITO-ESTRATIGRÁFICAS Y GEOQUÍMICAS

Trijillo Hernández Noemí¹, Jiménez Haro Adrián² y Garduño Monroy Víctor Hugo³

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-UMSNH (CeMIE-Geo)

²ESIA U-Ticomán Ciencias de la Tierra, IPN (CeMIE-Geo)

³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UMSNH (CeMIE-Geo)
mimi_aes@hotmail.com

Este trabajo contiene una serie de estudios multidisciplinarios que en conjunto han logrado caracterizar a la caldera tipo graben de Cuitzeo, Michoacán. En él se incluye la evolución espacio-temporal de los diferentes pulsos ignimbríticos que intruyeron y se dispersaron mediante fisuras generadas por fallas normales de dirección ENE-WSW concernientes al "Sistema de Fallas Morelia-Acambay" (SFMA). Las unidades pre-caldera que afloran sobre el área de estudio están conformadas por tres secuencias volcánicas que corresponden en primer lugar a un basamento determinado como "Unidad Río Chiquito" (URC) y está caracterizada por la integración de una variedad de flujos de lavas de composición andesítico-basáltico con edades del Mioceno medio; en segundo lugar se observan grandes paquetes de ignimbritas no consolidadas que en su mayoría poseen cierta alteración, la cual terminó generando un alto grado de zeolitización sobre algunos de los niveles de estos depósitos, dichos paquetes se encuentran intercalados consecuentemente con diferentes flujos de lavas de composición andesítico-basáltico que mostraron cierto grado de opalización en algunos de los niveles. Posteriores a las anteriores secuencias volcánicas se encuentran evidencias litológicas y estructurales que proporcionan la información necesaria de ciertas particularidades que sugieren la formación de una caldera tipo graben. Algunas de las evidencias que se han corroborado en campo, incluyen diques piroclásticos y depósitos de co-ignimbrita a lo largo de las fallas principales o en los márgenes del semigraben. La brecha de rezago se caracteriza por poseer una gran cantidad de líticos angulosos de composición basáltica, andesítica-basáltica e ignimbritica con tamaños que van desde lapilli grueso y bloques soportados en una matriz de flujo de pómez. Además, cercanos a las estructuras principales, se han encontrado ciertos pulsos ignimbríticos que exponen evidencias de una fuente muy cercana. En algunos casos, las ignimbritas de la caldera contienen pómez con tamaños de hasta 50 cm. Todas estas características describen el proceso de formación y evolución de la caldera, además de mostrar una clara evidencia de que los flujos piroclásticos de pómez de la porción suroeste del lago de Cuitzeo, fueron controlados por el fallamiento de régimen extensional regional que predomina sobre el área de estudio.

SE03-4

EL CAMPO GEOTÉRMICO DE SAN AGUSTÍN DEL MAÍZ, MICH. CONSIDERACIONES DE UNA FUENTE DE CALOR PLUTÓNICA Y SU ASOCIACIÓN AL SISTEMA DE FALLAS NW-SE

Guevara Alday Jorge Alejandro, Mazzoldi Lucarelli Alberto y Garduño Monroy Víctor Hugo

Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, INICIT, UMSNH
aguevaraalday@gmail.com

En el sector central del lago de Cuitzeo existen numerosas manifestaciones hidrotermales con temperaturas promedio de 67°C en superficie, presentes en: San Agustín del Pulque, San Agustín del Maíz y San Juan Benito Juárez. Este campo geotérmico es el objeto del presente estudio, las nuevas evidencias proporcionadas por el método magnético, apuntan a una fuente de calor plutónica adyacente. El análisis de datos aeromagnéticos pertenecientes al SGM, han permitido obtener una visión regional del área, identificando un alto magnético asociado a un plutón localizado bajo el poblado de Cuitzeo, cuya dirección es NW-SE, con variaciones del orden de 250nT cuyas dimensiones son ? 11km por 6.5km.; este cuerpo aprovecha los sistemas de fallas existentes para el ascenso de fluidos en las localidades previamente mencionadas. Con la aplicación del filtro segunda derivada en z, se obtuvieron dos dominios magnéticos en la zona, uno de ellos cubre la región donde ocurren las manifestaciones hidrotermales e integra el alto magnético, dividiéndole de las adyacentes. La evidencia en superficie de este cuerpo es una isla de 0.06Km² de extensión localizada sobre el alto magnético, formada de lavas en bloque de composición básica con fenocristales de Olivino y mesostasis de Plagioclasa microcristalina; de aspecto reciente, evidenciado en su alteración incipiente. El estudio se ha robustecido con resultados obtenidos mediante el trabajo magnético de campo. En el sector meridional del lago existe un alineamiento de anomalías con dirección E-W y dos NE-SW, que concuerdan con las fallas reportadas como: La Palma, San Agustín del Maíz y el Porvenir. El alto magnético se ve reflejado en el sector septentrional y mediante el filtro TILT derivado, se muestra la descomposición de este cuerpo en otros de geometría N-S, que hemos considerado como apófisis del plutón. Adicionalmente, el análisis de los perfiles magnetométricos, ha mostrado la existencia de una zona fracturada que continúa el límite SW de este cuerpo. La geometría NW-SE de la anomalía se relaciona con las estructuras heredadas del Basin and Range (activas en la actualidad) y que han desempeñado un papel importante en el magmatismo del campo volcánico Michoacán-Guanajuato y de la actividad geotérmica de estos potenciales campos geotérmicos.

SE03-5

ANÁLISIS FRACTAL Y SU RELACIÓN CON EL POTENCIAL GEOTÉRMICO DE LAS ZONAS TERMALES DEL LAGO DE CUITZEO

Bermejo Santoyo Gerardo¹, Jiménez Haro Adrián² y Garduño Monroy Víctor Hugo³¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH (CeMIE-Geo)²ESIA U-Ticomán Ciencias de la Tierra, IPN (CeMIE-Geo)³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UMSNH (CeMIE-Geo)
bsgerardo@outlook.com

La teoría fractal se ha aplicado en diversos sistemas geológicos donde se busca conocer el papel que juegan las fracturas en el proceso de flujos de fluidos (Riley et al., 2011; Babadagli, 2001 y 2002; Barton y Larsen, 1985). Históricamente los fractales se han aplicado a campos petroleros en yacimientos naturalmente fracturados. En los sistemas geotérmicos se ha usado a los fractales para ubicar nuevas zonas de explotación y para hacer más eficiente la producción en zonas activas (Babadagli, 2002). El área de estudio se ubica en los dominios de la FVT, que en esta porción es controlada por el último y aun activo Sistema de Fallas Morelia-Acambay compuesta por fallas normales de dirección ENE-WSW y cuyo campo de esfuerzos reactiva a las fallas laterales derechas con orientación NNW-SSE, heredadas del Basin and Range, dichos sistemas han generado un intenso fracturamiento identificado principalmente en rocas andesíticas, que son consideradas el basamento de la zona y donde se aloja el yacimiento geotérmico. La unidad rocosa presenta familias subverticales de dirección ENE-WSW, NNW-SSE y fracturas subhorizontales de enfriamiento en dirección E-W, sobre las cuales se tomaron aspectos como espaciamiento, orientación, apertura, densidad e intensidad de fracturamiento y se obtuvieron parámetros fractales como dimensión de correlación, de caja y de fragmentación, lacunaridad y exponente de Lyapunov. Este estudio busca caracterizar el fracturamiento secundario provocado por los dos sistemas de fallas que determinan la porosidad y el medio por el cual circulan los fluidos hidrotermales. Los resultados indican que estas fracturas se encuentran en toda la unidad rocosa y la distribución de espacios sigue una ley de potencia fractal con un exponente de frecuencia acumulada de 1.26 para fracturas E-W, 1.14 para las ENE-WSW y 1.79 para las NNW-SSW indicando que las primeras son las más representativas. Los datos arrojan también que las fracturas de enfriamiento tienen longitudes menores a 20 cm mientras que las ENE-WSW y NNW-SSE llegan a ser de varios metros. La intensidad del fracturamiento muestra que las fracturas E-W representan el 57% seguido por un 25% de las ENE-WSW y un 18% las NNW-SSE, estos datos comparados con los obtenidos de las ignimbritas que sobreyacen a la andesita arrojan que la segunda está mayormente fracturada. El análisis bidimensional de mapas tomados en tres dimensiones arroja valores de dimensión de caja de entre 1.2 y 1.67, de 1.511 y 2.698 para dimensión de masa, lacunaridad de 14.48 a 100.24 y una dimensión de correlación de 1.305 a 1.762 para mapas E-W, mientras que para mapas N-S son de 1.14 a 1.5, de 1.479 a 3.054, de 3.82 a 89.19 y de 1.109 a 1.641 respectivamente, por lo que al tener valores similares de dimensión de caja como de correlación se consideran fractales, además que los espacios entre huecos son distintos y se distribuyen caóticamente.

SE03-6

ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DEL SECTOR ORIENTE DE CUITZEO PARA ELABORAR UN MODELO CONCEPTUAL DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE ARARÓ MICHOACÁN MÉXICO.

Rentería Ortega Ana Victoria¹, Jiménez Haro Adrián² y Garduño Monroy Víctor Hugo³¹Maestría en geociencias y planificación del territorio- UMSNH y CeMIE-Geo.²Instituto Politécnico Nacional³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UMSNH
anna2792@hotmail.com

La zona de estudio se encuentra localizada en la porción centro norte del estado de Michoacán, entre los paralelos 19°30' y 20° 0'5" de longitud oeste. Geográficamente colinda con el estado de Guanajuato. Esta zona se encuentra localizada dentro de las depresiones del sistema Chapala-Tula, donde los estilos estructurales de deformación distensiva se han mezclado con el magmatismo bimodal del Cinturón Volcánico Trasmexicano. La cartografía geológica ha permitido observar y separar unidades litológicas magmáticas y sedimentarias que van desde el Mioceno hasta el Cuaternario. El estilo estructural ayuda a comprender el estilo de un graben cuyo flanco norte está ocupado por unidades magmáticas intrusivas y extrusivas que han sido exhumadas, conformando una sierra que rige el graben de Cuitzeo (Sierra de San Andrés) y que podrían representar el yacimiento geotérmico de Araró y Los Azufres. Al sur el borde de esta depresión es combinado con vulcanismo del Cuaternario donde se han mezclado actividades clásicas del vulcanismo bimodal (Andesitas y Riolitas). Los bordes son configurados por el fallamiento E-O, donde su morfología nos revela que dichas estructuras se han movido en tiempos actuales. Así el estudio Geológico estructural ha logrado establecer un modelo conceptual del campo geotérmico donde se podrían proponer las posibles fuentes de calor y las tendencias principales del fracturamiento que facilitarían la circulación de fluidos geotérmicos. También este trabajo aporta datos sobre la potencialidad sísmica de las estructuras, las cuales son importante en el sitio de estudio y permitirá que la permeabilidad secundaria facilite la circulación de fluidos geotérmicos.

SE03-7

ESCENARIOS ESTRUCTURALES FAVORABLES EN LAS ZONAS GEOTÉRMICAS DEL LAGO DE CUITZEO, DOMOS LAS DERRUMBADAS Y VOLCÁN TACANÁ

Jiménez Haro Adrián¹ y Garduño Monroy Víctor Hugo²¹Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, CEMIE-Geo²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, INICIT
adrianjharo@hotmail.com

Diversas son las características estructurales que presentan los campos geotérmicos en el País, el comprender el régimen tectónico-estructural y vulcanológico que domina en cada zona de ellas es un factor vital para lograr un aprovechamiento eficaz de sus recursos termales. En este trabajo se busca caracterizar los escenarios estructurales de estos potenciales campos geotérmicos, entendiendo que cada uno de ellos presenta una evolución tectónico-estructural y magmática distinta, por ende las zonas con flujo de calor favorables en cada yacimiento tienen diversos orígenes y se ubicarán en sectores distintos. Para ello ha sido indispensable vincular el trabajo de campo y la comparación cronológica y espacial de los datos estructurales obtenidos a nivel local y compararlo con el régimen de esfuerzos regional. Los datos obtenidos en las zonas termales de Cuitzeo, muestran un régimen asociado a la interacción de grandes fallas del Sistema de Fallas Morelia Acambay (SFMA) de orientación preferencial ENE-WSW, con estructuras antiguas, heredadas del Basin and Range de dirección NNW-SSE; en donde las zonas de Tip Line, Step y Relay, son áreas con más potencialidad a la circulación de fluidos hidrotermales. Por su parte en los domos de Las Derrumbadas, los resultados muestran claramente que al ser estructuras de edad Holocénica emplazadas en una zona de Restraining Step, el fracturamiento y los estilos estructurales asociados a los domos, se encuentran ligados a la cinemática de su emplazamiento y no así a los estilos que presenta realmente el yacimiento en profundidad, el cual se encuentra alojado en rocas carbonatadas del Cretácico y en rocas graníticas del Terciario. Por último el Volcán Tacaná responde a la dinámica asociada a dos grandes dominios tectónicos activos, hasta ahora, el primero de ellos se trata de la subducción de la Placa de Cocos por debajo de las Placas del Norteamérica y Caribe y el segundo está relacionado a los efectos resultantes de la dinámica del sistema de fallas laterales izquierdas Motagua-Polochic (SFMP), lo cual da como resultado, un campo de esfuerzos complejo, donde interactúan los efectos de ambos dominios. El aporte de este trabajo se centra en definir zonas de interés en la exploración multidisciplinaria, dentro de la evaluación del potencial geotérmico.

SE03-8

ANÁLISIS MORFOLÓGICO-MORFOMÉTRICO Y SU RELACIÓN CON LA EVOLUCIÓN EN ZONAS VOLCÁNICAS COMO PARTE DE LA EVALUACIÓN DEL POTENCIAL GEOTÉRMICO, CASO LAS DERRUMBADAS, PUEBLA, MÉXICO.

Guzmán Cervantes Consuelo Selene¹, Jiménez Haro Adrián²,Garduño Monroy Víctor Hugo³ y Muñoz Jauregui J. Arturo³¹Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro, ITST²ESIA U-Ticomán Ciencias de la Tierra, IPN³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UMSNH
cnguzman_93@hotmail.com

Las técnicas y análisis morfológicos son esenciales en el reconocimiento e interpretación volcánica de cualquier sitio, en los últimos años estas técnicas se han apoyado en herramientas novedosas como las imágenes de satélite y los modelos de relieve de alta resolución. La relación que existe entre las características geológicas de un sitio así como de los procesos asociados a su evolución están ligados íntimamente a las geoformas resultantes, por ello es imprescindible conocer estas relaciones detalladamente. Las Derrumbadas, comprende un par de domos de composición riolítica-dacítica del Pleistoceno, hasta ahora considerados de 320,000 años, y numerosos eventos volcánicos asociados a ellos que rigen las características topográficas de la zona. Estudios anteriores han hecho énfasis en conocer la evolución volcánica de la zona e incluso en evaluar el potencial geotérmico, sin embargo aún no existe un trabajo enfocado en realizar un estudio morfológico-morfométrico detallado ligado a la evolución volcánica del sitio y por ende tampoco en considerar su relación con el potencial geotérmico. Este trabajo se enfoca en generar una propuesta geomorfológica detallada e innovadora que sea útil para los estudios vulcanológicos donde sea posible relacionar las características geomorfológicas con los procesos y la evolución volcánica de un sitio. El área de estudio presenta una morfología variada, con edificios formando conos, o bien, claros domos con morfologías poco desarrolladas, el domo Norte tiene una cima con elevación de 3420 msnm y una forma semicircular, con una estructura de herradura abierta hacia el sureste que representaría un colapso de gran magnitud que en parte es reemplazado por el emplazamiento de un domo resurgente que marca una contrapendiente en la cicatriz del colapso. Por otro lado el domo Sur, de rasgos morfológicos más recientes, cuenta con una elevación de 3470 msnm en la cima y una forma semicircular con tres domos resurgentes, se observan claros colapsos asociados, donde cada uno de ellos generó depósitos de avalancha claramente visibles en sus costados. Ambas estructuras presentan pendientes fuertes que van de los 30 a 45° de inclinación en promedio que en combinación con la alteración

hidrotermal de alto grado (evidencia de circulación de fluidos geotérmicos) y la gravedad, propician la inestabilidad en las rocas de estas estructuras provocando múltiples colapsos y depósitos asociados a ellos. La red de drenaje en el sitio es de tipo radial y debido a las características anteriormente mencionadas se forman cárcavas profundas en sus laderas. Los domos resurgentes de ambas estructuras, principalmente los asociados al domo sur, así como el alto grado de alteración, los múltiples colapsos, y las manifestaciones hidrotermales son clara evidencia de la interacción entre el vulcanismo, el relieve actual y un potencial geotérmico existente.

SE03-9

“ANÁLISIS DE FRACTURAMIENTO Y FALLAMIENTO LIGADO AL POTENCIAL GEOTÉRMICO EN EL VOLCÁN TACANÁ, CHIAPAS, MÉXICO.”

Nájera Blas Sergio Manuel¹, Garduño Monroy Víctor Hugo¹ y Jiménez Haro Adrián²
¹Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, INICIT
²CEMIE-GEO
 nbcheco@hotmail.com

El volcán Tacaná se encuentra en la triple unión de las placas tectónicas Norte América, cocos y Caribe, las estructuras más relevantes a nivel regional son el sistema de fallas transpresivo lateral izquierdo Polochic-Motagua el cual forma el límite entre las placas Norte América y Caribe que a su vez son subducidas por la placa de Cocos, dicha subducción es responsable de todo el vulcanismo Centro América, este contexto de magmatismo activo es adecuado para el aprovechamiento de energías limpias como es la Geotermia. El vulcanismo de Tacaná es bimodal, con cuatro centros y edificios andecíticos y dacíticos, que se alinean al NE, y un basamento metamórfico, intrusiones graníticas, granodioritas y tonalitas. El fracturamiento y fallamiento encuadra en un campo de esfuerzos activo donde se mezclan los efectos distensivos del arco y los de fallas con componentes horizontales. Manifestaciones en manantiales han sido localizadas en la zona Noroeste del Volcán, a lo largo de los ríos San Rafael, río Tochab, y Río Coatán, con temperaturas de 25 a a 63°C, y temperaturas reportadas en profundidad de 250°C, a lo largo de la Falla Río Coatán. La relación que existe entre los campos de esfuerzos activos y el magmatismo en la zona, son esenciales para el aprovechamiento de un campo geotérmico.

SE03-10

AVANCES EN EL ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA INTERNA DEL COMPLEJO CALDÉRICO DE LOS HUMEROS Y SUS IMPLICACIONES EN LA EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA

Carrasco Gerardo¹, Norini Guanluca², Hernández Javier¹, Lermo Javier³, Arzate Jorge¹, Bernal Juan Pablo¹, Dávila Harris Pablo⁴, López Penélope¹, Corbo Fernando¹ y Doger Roberto¹
¹Centro de Geociencias, UNAM, CGEO, UNAM
²Consiglio Nazionale della Ricerca, Milano, Italia
³Instituto de Ingeniería, UNAM, C.U., México
⁴IPICYT, San Luis Potosí
 gerardoc@geociencias.unam.mx

México ocupa actualmente el cuarto lugar en la producción de energía geotérmica a nivel mundial. Como parte de una estrategia nacional por desarrollar las energías alternativas en el país, y en especial en el campo de la geotermia, se creó el Consorcio CeMie-GEO, institución que además de impulsar la exploración y posible desarrollo de nuevos campos, tiene interés en reevaluar las condiciones geotérmicas en campos ya existentes para considerar su posible expansión a futuro, como en caso de Los Humeros. Este es uno de los complejos caldéricos más grandes de México, que actualmente ocupa el tercer lugar en la producción de energía geotérmica con alrededor de 50 MW. La evolución de la caldera de Los Humeros es muy compleja, involucrando fases explosivas cataclísmicas que dieron lugar a la formación de 2 grandes calderas volcánicas durante el Cuaternario (Los Humeros, volumen: 115 km³, edad: 0.5 Ma; y Los Potreros, volumen: 15 km³, edad 0.14 Ma), con periodos intermitentes de inyección de magmas de diferentes composiciones, emplazados a través de bocas eruptivas tanto en el interior de las calderas como a lo largo de fracturas anulares. La fuente de calor que alimenta al sistema geotérmico está asociada a un reservorio magmático heterogéneo e irregular que se caracteriza por tener tiempos de residencia prolongados y donde diferentes sistemas de fracturas profundas controlan el flujo y transporte de calor a la superficie a partir de un yacimiento geotérmico confinado. En este trabajo se presentan los avances obtenidos hasta el momento en el proyecto de investigación en curso que tiene como finalidad el definir como funciona el sistema geotérmico en la actualidad y las condiciones estructurales que controlan la permeabilidad del mismo, mediante la integración de estudios multidisciplinarios que incorporan técnicas innovadoras tales como la microtomografía de rayos X en muestras de núcleos del reservorio geotérmico para caracterizar la porosidad y permeabilidad, la geocronología de U/Th para obtener fechamientos de alta precisión en rocas relativamente jóvenes (Pleistoceno tardío), y la aplicación de metodologías geofísicas combinadas de sondeos magnetotélúricos, de gravimetría y de microsismicidad, así como la cartografía apoyada en modelos digitales del terreno de alta resolución, y aplicación de sensores remotos térmicos que, conjuntamente con un análisis estructural detallado, permitan definir los principales controles de la permeabilidad del campo. La reciente actividad volcánica y tectónica (Holoceno) muestran indicios de la resurgencia del

sistema magmático de Los Humeros. Los resultados obtenidos hasta el momento sugieren áreas específicas de interés geotérmico para ser exploradas, algunas de ellas se encuentran fuera del actual campo geotérmico.

SE03-11

BATIMETRÍA DE ALTA RESOLUCIÓN ADQUIRIDA DURANTE LOS CRUCEROS GEOTERMIA 2015

Díaz Méndez Guillermo¹, González Fernández Antonio², Marinone Moschetto Guido², Piñero Lajas Doris¹ y De Dios Sánchez Diego¹
¹CICESE - CeMIE-Geo
²CICESE
 gdiaz@cicese.mx

El conocimiento detallado de las características geomorfológicas del piso marino es fundamental para entender la estructura tridimensional de las cuencas oceánicas, así como para contribuir al aprovechamiento sustentable de sus recursos. Esta información permite, mediante una interpretación adecuada, la definición de zonas asociadas a posibles altos flujos de calor, como son centros de dispersión, edificios volcánicos submarinos, ventillas hidrotermales y áreas elevadas asociadas al emplazamiento de sills. Como parte del proyecto Campan?a Intensiva de Exploracio?n Geote?rmica de las Cuencas Wagner, Consag, Delfi?n, Guaymas y Alarco?n del Sistema de Rifts del Golfo de California, el presente año se realizaron dos cruces de investigación en la mitad norte del Golfo: el primero en mayo, centrado en la exploración de la cuenca Wagner, y el segundo en septiembre, enfocado en la región de Tres Vírgenes y Caldera la Reforma. Durante éstos se adquirieron más de 3000 km de perfiles batimétricos y perfiles subsuperficiales de penetración somera con el objeto de contribuir a la caracterización de zonas identificadas por presentar valores altos de flujo de calor. El trabajo que presentamos tiene como objetivo mostrar la base de datos recabada durante los cruces. Los datos batimétricos, adquiridos mediante una ecosonda monohaz Bathy-2010PC (SyQwest) con transductor de 3.5 KHz, se limpiaron de ruido y variabilidad de alta frecuencia, y se corrigieron por efecto de la marea con ayuda del modelo GulfCal [Marinone et al. 2009]. La batimetría resultante se contrastó con levantamientos previos, arrojando anomalías superiores a los 10 m. Adicionalmente, análisis detallado de los datos adquiridos permitieron la localización de pequeñas edificaciones superficiales que se presume están ligados con emanaciones hidrotermales no asociadas con las estructuras principales.

SE03-12

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DEL SISTEMA GEOTÉRMICO DE SAN SIQUISMUNDE EN EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR

González-García Héctor¹, Rodríguez-Díaz Augusto Antonio², Prol-Ledesma Rosa María² y Arango Galván Claudia²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²UNAM
 hgg@ciencias.unam.mx

Actualmente en nuestro país se tiene instalada una capacidad geotérmica de alrededor de 1000 MW, de la que al menos el 80% está instalado en la Península de Baja California. En la Península de Baja California existe un potencial geotérmico importante, sin embargo es aun desconocido para la mayor parte del área. La zona de San Siquismunde se encuentra entre los poblados de Mulegé y Loreto en la parte Sur de la Península. Debido a que se han reportado manantiales calientes y fumarolas, además de que las rocas presentan alteraciones hidrotermales y vetas rellenas de ópalo, sílice y barita; se sugiere la existencia de un yacimiento geotérmico del cual se desconoce el potencial. Con base en estas evidencias se recopiló información sobre el área y también se hizo trabajo de campo con el fin de evaluar el potencial geotérmico. Se realizaron análisis por medio de SWIR a las muestras de roca recolectadas con algún tipo de alteración, se identificaron los minerales de alteración, los cuales corresponden principalmente a esmectitas. Con base en la composición química de las manifestaciones superficiales, se aplicaron los geotermómetros de K/Mg y sílice para estimar la temperatura a profundidad, la cual alcanzó valores por debajo de 80°C. Los estudios geofísicos indican que el yacimiento se encuentra a una profundidad menor a 500m, aún cuando la extensión de este todavía tiene una incertidumbre alta. Con estos datos se puede concluir que se trata de un sistema de entalpía media a baja, que puede explotarse utilizando plantas de ciclo binario o bien para usos directos.

SE03-13

EXPLORACIÓN DE RECURSOS GEOTÉRMICOS MARINOS EN LA CUENCA WAGNER, NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

González Fernández Antonio, Negrete Aranda Raquel, Neumann Florian, Contreras Pérez Juan, Kretschmar Thomas, González Acevedo Zaire, Batista Cruz Ramón Yosvanis, Flores Luna Carlos, González Acevedo Disraely, Gómez Arias Efraín, Díaz Méndez Guillermo, Piñero Lajas Doris, De Dios Sánchez Diego Raciél y Díaz López Jazbel Lindaluz
 Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 mindundi@cicese.mx

En mayo y septiembre de 2015 se llevaron a cabo dos cruces de exploración de recursos geotérmicos en el norte del Golfo de California, a bordo del buque oceanográfico Alpha Helix. Se aplicaron varias técnicas de estudio: flujo de calor, electromagnéticos de fuente controlada, núcleos de sedimentos, muestras de agua, ecosonda de penetración y batimetría. El área de estudio se encuentra en la cuenca Wagner. Se trata de una zona de aguas someras donde estudios sísmicos previos hallaron similitud tectónica con el campo geotérmico de Cerro Prieto, donde se ubica la tercera mayor central de energía geotérmica en el mundo. Además, existen mediciones previas que arrojaron valores muy altos de flujo de calor en algunas ubicaciones. Como resultado de los cruces de 2015, la ecosonda muestra la salida de fluidos en numerosas localidades, asociada en ocasiones a elevaciones batimétricas. Las emanaciones se observan en los flancos de la cuenca, asociadas a fallas. También se observan en las imágenes de la ecosonda zonas de elevada reflectividad bajo el fondo marino. La mayor parte de mediciones de flujo de calor fueron realizadas a lo largo de un perfil de 42 km de longitud con espaciamiento de 1-2 km. Las medidas muestran un flujo de calor elevado, mayor en los flancos de la cuenca, siendo máximo en el lado este. También se efectuaron dos perfiles perpendiculares más cortos, de 12 km de longitud, alrededor del punto donde se observa el flujo de calor máximo. Precisamente en ese lugar se recuperó un núcleo que presentaba temperaturas en cubierta superiores a los 50 C. Otros núcleos fueron recuperados en varias zonas de la cuenca Wagner, de los cuales se extrajeron muestras de agua intersticial, de sedimentos y de materia orgánica. Los núcleos, los datos electromagnéticos y las muestras de agua están aún siendo analizados.

SE03-14

ESTIMACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LA ISOTERMA DE CURIE EN EL ESTADO DE QUERÉTARO

De la Puente Guillermo¹, Flores Soto Xochitl², Sánchez Zamora Osvaldo³ y Prol Ledesma Rosa María⁴
¹Facultad de Ingeniería, UNAM
²Instituto de Geofísica, UNAM
 delapuenteguilermo@gmail.com

En este trabajo se estimó la profundidad de la Isoterma de Curie a partir del análisis espectral de datos aeromagnéticos en la zona del Estado de Querétaro. Se dividió la zona en 24 ventanas de 60 km por 60 km para cubrir toda la superficie del estado de Querétaro ya que no se espera una profundidad muy abrupta en la Isoterma de Curie en esta zona. Este trabajo también incluye el cálculo del gradiente geotérmico a partir de las profundidades calculadas. Se tomó como valor promedio de la Isoterma de Curie 600°C y con ese valor se hicieron los cálculos del gradiente geotérmico. Las profundidades de la base de la fuente magnética, la cual podemos definir aquí como la profundidad del Punto Curie, varía de los 4 Km., a los 8.5 Km., con un par de puntos alejados de este promedio, mientras que el gradiente geotérmico, calculado con estos valores, va de los 70°C/Km a los 130°C/Km. Se sabe que la geología de la República Mexicana es muy compleja y esta variación de zona a zona lo cual se puede observar también en el área analizada teniendo geología muy diversa y tres zonas fisiográficas muy distintas entre sí. Lo anterior sirvió para probar la capacidad y efectividad del método empleado así como comparar los resultados obtenidos en este trabajo con dos zonas geotérmicas ya estudiadas con anterioridad. Finalmente con toda la información y el trabajo de interpretación se propone un mapa de isoprofundidad de la Isoterma de Curie para todo el estado de Querétaro, el cual se espera que sirva para estudios posteriores.

SE03-15

INVERSIÓN DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS EN LA ZONA GEOTÉRMICA DE CERRO PRIETO, MEXICALI, B.C.

Oliver Ocaño Francisco Miguel¹, Romo Jones José Manuel¹, Gallardo Delgado Luis Alonso¹ y Arango Galván Claudia²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²Instituto de Geofísica UNAM
 foliver@cicese.edu.mx

La conductividad eléctrica de las rocas del subsuelo es una de las propiedades físicas que aporta información relevante para la exploración y durante la explotación de campos geotérmicos, ya que está directamente influenciada por la permeabilidad de la roca y por el contenido de fluidos en el sistema. Este trabajo es parte de un estudio más amplio en el que se pretende estudiar los cambios temporales en la conductividad eléctrica del subsuelo en la Valle de Mexicali, particularmente en

la zona del campo geotérmico de Cerro Prieto. El objetivo del presente trabajo es utilizar el método magnetotelúrico convencional para obtener información de la conductividad del subsuelo en dos tiempos diferentes separados por un lapso de un año. En enero de este año se realizó la primera campaña de campo, consistente en 45 sitios magnetotelúricos distribuidos en cinco perfiles localizados en zonas de interés. Presentamos el avance en el procesamiento e interpretación de estos perfiles utilizando algunos conceptos novedosos sobre la función de respuesta magnetotelúrica que se utiliza en la inversión de datos en 2D (Gómez-Treviño et al. 2014). El plan es realizar una segunda campaña en enero del próximo año y contrastar los resultados para estudiar cambios atribuibles a variaciones en las condiciones físicas del subsuelo.

SE03-16

RED DE MONITOREO ELECTROMAGNÉTICO CONTINUO EN EL VALLE DE MEXICALI, MÉXICO

Cortés Olaf Josafat¹, Romo Jones José M.², Gómez-Treviño Enrique¹, Brassea-Ochoa Jesús María¹, Esparza-Hernández Francisco¹ y Flores-Luna Carlos F.¹
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
 CEMIE-GEO
 ocortes@cicese.edu.mx

La aplicación de nuevas tecnologías y métodos de exploración pueden proveer nueva y más detallada información acerca de cambios en las propiedades físicas del subsuelo. El uso de métodos de exploración electromagnética, como herramientas de monitoreo para la evaluación de campos geotérmicos, es relativamente nuevo. Sin embargo, en años recientes un par de proyectos empezaron a experimentar con la aplicación del método magnetotelúrico de registro continuo en zonas volcánicas (Aizawa et al., 2011; Aizawa et al., 2013), o por lapsos de tiempo en un área geotérmica (Peacock et al., 2013). El uso de nuevas metodologías en la evaluación de datos magnetotelúricos (Cortés-Arroyo, 2011) sugirieron la existencia de cambios en las propiedades eléctricas en el subsuelo del Valle de Mexicali relacionados al sismo M=7.2 ocurrido el 4 de Abril de 2010. Estos resultados nos motivaron a desarrollar un nuevo proyecto en el marco del Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CeMIE-Geo) e instalar una red de estaciones de monitoreo permanentes para registrar el campo electromagnético natural en el Valle de Mexicali. Nuestro plan es que esta red tenga un total de 15 estaciones instaladas en posiciones estratégicas del Valle de Mexicali, alrededor del campo geotérmico de Cerro Prieto. El objetivo es mejorar nuestro entendimiento de los cambios en la permeabilidad y la dinámica de los fluidos en la zona, ya que las variaciones naturales en los campos electromagnéticos pueden aportar información acerca de las variaciones temporales en las propiedades eléctricas del terreno, muy probablemente asociados a los fluidos geotermales. Para este nuevo estudio, se están utilizando estaciones de registro diseñadas y construidas en el Departamento de Geofísica aplicada de CICESE. Los equipos utilizan dipolos eléctricos de 25 m de longitud para medir las variaciones del campo eléctrico horizontal (Ex, Ey) y también bobinas de inducción y un magnetómetro fluxgate para registrar variaciones de baja frecuencia del campo magnético (Hx, Hy, Hz). La primera estación fue instalada en Mayo de 2013, y a partir de entonces los campos han sido registrados y procesados continuamente. Presentamos la descripción de la evolución en el diseño de los equipos, así como resultados preliminares en términos de curvas de resistividad y fase en diferentes tiempos.

SE03-17

INTERPRETACIÓN DE DATOS GRAVIMÉTRICOS EN LA ZONA LAGUNA SALADA-SIERRA DE CUCAPAH-VALLE DE MEXICALI, B.C.

Hernández Márquez Juan Omar, Pérez Flores Marco Antonio, Zavala-Ibarra Iván y Gallardo Mata Clemente Germán
 Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada, CICESE
 jhermar@cicese.edu.mx

La zona de Laguna Salada-Valle de Mexicali, es un área que se caracteriza por la presencia de un centro de dispersión en la corteza. El uso de métodos geofísicos, es de gran importancia para fines de investigación de la corteza, pero también para fines de exploración y explotación geotérmica. Es por ello, que dichas herramientas se deben implementar para obtener modelos del subsuelo que permitan relacionar las características geológicas y tectónicas del sitio de interés. En este trabajo de investigación se obtuvo un modelo tridimensional de densidad de la zona de Laguna Salada-Valle de Mexicali, a partir de la inversión de datos gravimétricos colectados en la zona por Pemex en los años 70's. Con el objetivo de disminuir la no-unicidad característica de este método, se realizaron constricciones en la solución con información de geología superficial, líneas sísmicas interpretadas en profundidad e información de pozos exploratorios. El proceso de inversión se llevó a cabo mediante el uso de software desarrollado por Gallardo-Delgado et al., 2005 y simultáneamente se desarrolló una plataforma gráfica Vterrain para obtener mejoras en la interpretación. El modelo obtenido, nos permite delimitar la geometría en 3D de las cuencas de Laguna Salada, Mexicali y el Pull-Apart de Cerro Prieto; así como la geometría de la parte inferior del basamento granítico y obtener información de la deformación causada por el sistema de fallas San Andrés.

SE03-18

ANÁLISIS GEOFÍSICO ESTRUCTURAL DE LA CALDERA DE LOS HUMEROS A PARTIR DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS Y GRAVIMÉTRICOS

Corbo Fernando¹, Arzate Jorge², Yutsis Vsevolod³, Carrasco Gerardo², Marquez Victor², Maldonado Rafael², Arzate Andres², Hernandez Javier², Torres David³ y Velázquez Daniel³

¹Cátedras CONACYT, Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM

²Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGEO-UNAM

³Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica
fcorbo@geociencias.unam.mx

El campo geotérmico de Los Humeros, es uno de los más antiguos de México y ocupa el tercer lugar en producción de energía, se ubica en el estado de Puebla en el extremo oriental de la Faja Volcánica Trans-mexicana. La zona productora se encuentra en el interior de una caldera Cuaternaria cuyo desarrollo se inició hace 0.5 Ma. A pesar del amplio número de estudios realizados en el transcurso de los últimos 25 años, los cuales han permitido avanzar en el conocimiento del sistema hidrotermal superficial (< 3km) que prevalece en este complejo volcánico, el sistema geotérmico regional que comprende la configuración estructural de la caldera aún es ampliamente desconocido. En este trabajo se presentan los avances de resultados combinados de gravimetría y sondeos magnetotelúricos (MT), realizados dentro y en los alrededores de la estructura caldérica. Los sondeos MT se adquirieron en perfiles con el fin de obtener modelos con algoritmos 2D. Los resultados muestran una gran coherencia de la sección eléctrica con la estratigrafía de los pozos y con el sistema de estructuras y fallas geológicas cartografiadas, que actualmente se encuentra en proceso de verificación. También, se identifica claramente que la mayoría de los pozos productores se encuentran sobre la zona conductiva más superficial, la cual está asociada a la alteración y mineralización hidrotermal. En la zona de mayor densidad de pozos existe un fallamiento intenso y es donde se aprecian los mayores gradientes en la anomalía de Bouguer y del campo magnético total, lo cual apoya la existencia de dichas estructuras. A profundidad, por debajo de los 3 km, los perfiles de resistividad revelan una zona resistiva en el centro de la caldera que asemeja un cuerpo intrusivo. Los pozos que se ubican sobre dicho resistivo en su base reportan la presencia de intercalaciones de rocas granodioríticas o mineralización de skarn, lo cual confirma la posible existencia de dicho intrusivo. Las Isotermas de los pozos presentan una geometría paralela a la anomalía de resistividad mencionada, lo que constituye una evidencia adicional de la existencia del cuerpo intrusivo. Proyecto CEMIE 05

SE03-19

ORIGEN DE LOS GASES NOBLES Y EL CO₂ EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS AZUFRES (MÉXICO)

López Hernández Aída¹, Pinti Daniele², Castro Clara³, Shouakar-Stash Orfan⁴, Hall Chris M.³, Thomas Hadrien², Núñez-Hernández Sandra³ y Estrada-Murillo Aurora⁴

¹Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

²GEOTOP and Département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère, Université du Québec à Montréal, Canada

³Department of Earth and Environmental Sciences, University of Michigan, USA

⁴Department of Earth and Environmental Sciences, University of Waterloo, ON, Canada

⁵Facultad de Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

⁶Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México
aidalopher@gmail.com

Se analizaron los gases nobles e isótopos estables del CO₂, en la fase gaseosa dominante, en 37 pozos, fumarolas y manantiales calientes, en el campo geotérmico de Los Azufres, segundo campo geotérmico más importante en México, en términos de su capacidad de generación eléctrica, localizado en el estado de Michoacán en la Faja Volcánica Transmexicana. Este estudio se realizó dentro del marco del proyecto 20 CeMIEGeo, que tiene como objetivo el estudio del origen y la circulación de fluidos en los campos geotérmicos de Los Azufres, Cerro Prieto, Los Humeros y Las Tres Vírgenes, todos ellos, actualmente en explotación. Se presentan los resultados de los análisis de gases nobles (He, Ne, Ar, Kr y Xe), CO₂ e isótopos estables (¹³C y ¹⁸O). La relación isotópica ³He/⁴He, normalizada con respecto al cociente atmosférico Ra (1.386 x 10⁻⁶), varía desde 1.03±0.01, valor cercano al atmosférico, hasta 7.93±0.09, cercano al de la componente del manto superior (Mid-Ocean Ridge Basalts/MORB; R/Ra = 8). El valor más alto se registró en el pozo AZ-9, ubicado en la zona de producción norte (ZPN). En este pozo se ha medido la entalpía más alta del campo y sus proporciones elementales He-N₂-Ar sugieren que representa el miembro final del fluido magmático (magmatic fluid end-member) (Arellano, 2015). El cincuenta por ciento de los pozos muestreados presentan valores de la relación R/Ra hasta de 7, con composiciones isotópicas de Ne y Ar (²¹Ne/²²Ne y ⁴⁰Ar/³⁶Ar) mayores que los valores atmosféricos, de 0.0290 y 295.5, respectivamente. Esto indica ya sea la presencia de Ne y Ar provenientes del manto o de origen radiogénico. En esta zona, la ausencia de dilución por agua de reciente infiltración es evidente y sugiere ya sea la presencia de una recarga mínima o que se trata de un sistema cerrado donde la sobreexplotación deberá evitarse en un futuro cercano. El CO₂, la fase de gaseosa principal es también predominantemente de origen magmática con ¹³C que varía entre -6.89 y -8.14‰ el cual se encuentra dentro del rango de valores del C magmático (Javoy et al., 1986). El ¹⁸O es variable, entre 2.03 y 6.38‰, posiblemente indica intercambio con silicatos a alta temperatura.

SE03-20

ESTUDIO GEOQUÍMICO Y ESTRUCTURAL DE SINTER RELACIONADO CON FLUIDOS HIDROTERMALES EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE SAN AGUSTÍN DEL MAÍZ, MICHOACÁN

Olvera García Emmanuel¹, Jimenez Haro Adrian² y Garduño Monroy Víctor Hugo³

¹INICIT (UMSNH)-CEMIEGeo

²CemieGeo

³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (UMSNH)-CEMIEGeo
emmanuelog_08@outlook.com

En los sistemas geotérmicos se ha observado que los sismos activan o reactivan abruptamente manifestaciones hidrotermales (MH). Estas pueden surgir sobre la traza de elementos planares de falla o fracturas o en otro sitio donde se encuentre el reservorio geotérmico. En estos últimos las ondas sísmicas transitorias sobre-presionan el reservorio y logran romper las unidades que lo sellan. Estas MH llevan en solución sílice, el cual es acumulado y depositado en la zona de descarga formando rocas conocidas como sinter de sílice, este proceso, dependiendo de la salinidad del fluido, es temporal debido a que algunos de los solutos son depositados en las fracturas que sirven de conductos, sellándolas con el tiempo. El encontrar depósito de sinter implica que provienen de aguas con elevada salinidad, por tal motivo si en un área existen diferentes depósitos de sinter es evidente la actividad tectónica recurrente. Esto significa que los depósitos de sinter se localizan cerca de fallas activas y potencialmente de riesgo. Los depósitos de sinter y la MH pueden proveer información útil en la geometría (y a menudo cinemática) de la falla principal y sus estructuras menores asociadas. Estos depósitos durante su formación pueden atrapar materia orgánica, la cual puede ser datada por radiocarbono, esta edad se relaciona con el fallamiento y por ende la actividad sísmica. En el lago de Cuitzeo a 20 km al norte de Morelia, Michoacán se encuentran coexistiendo manifestaciones hidrotermales y depósitos de sílice. En esta zona de estudio se está realizando este trabajo que incluye: estudio cartográfico, morfológico, estructural y estratigráfico de los depósitos de sinter con el fin de determinar el escenario estructural de los yacimientos geotérmicos y la potencialidad sísmica del segmento de falla en que se encuentran dichos depósitos. El levantamiento estructural se realizó en las zonas que rodean los yacimientos (15 km a la redonda), para determinar el campo de esfuerzos de la zona. La cartografía se está realizando a detalle, tomándose núcleos de los depósitos, para la descripción estratigráfica de ellos, buscándose materia orgánica y carbonatos para su fechamiento. Las primeras mediciones arrojan que las manifestaciones hidrotermales y las máximas temperaturas de este campo son de 93 °C en superficie y de 180 °C en el subsuelo, manteniéndose con una tendencia NE, misma que está asociada con el campo de esfuerzos actual, con una máxima extensión de dirección N332, lo cual es importante para mantener la permeabilidad en el yacimiento. Al igual que los levantamientos estructurales muestran que existen varias etapas de deformación encontrándose como la más reciente la que provoca fallas normales de dirección NE.

SE03-21

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS EVENTOS CALDÉRICOS DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS Y SU CORRELACIÓN CON LA ESTRATIGRAFÍA SUPERFICIAL, EL CASO DEL POZO H-42

Del Pilar Martínez Alexis¹ y Carrasco Núñez Gerardo²

¹Universidad Autónoma de Guerrero, UAGro

²Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro
alexis_3092@hotmail.com

El campo geotérmico Los Humeros presenta una evolución geológica muy compleja que involucra una gran actividad explosiva y efusiva, así como la formación de al menos dos grandes caderas volcánicas (Los Humeros y Los Potreros). Los productos de los grandes eventos explosivos (Ignimbrita Xáltipan, Toba Faby e Ignimbrita Zaragoza) resultan ser una parte importante dentro del sistema geotérmico ya que funcionan como una capa impermeable en el subsuelo que permite la acumulación de los fluidos que posteriormente salen hacia la superficie a través de fallas y fracturas principales. Los estudios acerca de la geología del subsuelo en Los Humeros indican que esta capa impermeable se encuentra a partir de los 500 hasta los 1000 m de profundidad a partir del estudio petrográfico de los pozos perforados en el campo geotérmico sin poder discernir con certeza si se trata de una unidad litostратigráfica u otra. Sin embargo, a partir de un análisis minucioso y con el apoyo de análisis geoquímicos de elementos traza y tierras raras (REE) realizados en las rocas del pozo H-42 y su respectiva comparación con muestras de la geología superficial, se ha podido llegar a una aproximación de los posibles límites estratigráficos de la Ignimbrita Xáltipan, Toba Faby e Ignimbrita Zaragoza las cuales aparecen en el rango de 370 a 1000 m de profundidad. Los diagramas multielementos muestran un patrón peculiar con anomalías negativas muy marcadas en Sr y Eu para el caso de la Ignimbrita Xáltipan lo que permite considerarlo como un indicador geoquímico más confiable, asimismo, las relaciones Sr/Nb vs Nb/La indican que se trata de una unidad completamente distinta del resto. Por su parte, los patrones geoquímicos de la Toba Faby e Ignimbrita Zaragoza parecen tener un comportamiento similar que no permite definir con claridad un límite entre ambas unidades o si se trata de una u otra. Se presentarán nuevas relaciones geoquímicas

para poder discriminar de una manera más clara las litologías que componen los eventos explosivos asociados a la formación de la caldera de Los Humeros.

SE03-22

MODELACIÓN NUMÉRICA DE FLUJOS DE CO₂ MEDIDOS EN LA CALDERA DE ACOCULCO

Peiffer Loic¹, Wanner Christoph² y Pan Lehua³¹Instituto de Energías Renovables, UNAM, IER-UNAM²Institute of Geological Sciences, University of Bern³Earth Sciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory
lpeiffer@ier.unam.mx

En este trabajo se realizaron simulaciones numéricas usando el código TOUGH2-ECO2N V2.0 para interpretar mediciones de flujo de CO₂ en suelo, dentro de la caldera de Acoculco (Puebla, México). Los principales objetivos de esta investigación son, caracterizar de manera cuantitativa la relación entre los flujos medidos en superficie y las propiedades físico-químicas del subsuelo, así como investigar la existencia de un reservorio en profundidad. Entre los resultados obtenidos, demostramos que el flujo total en CO₂ liberado en superficie así como la profundidad a la cual ocurre la separación de fases, son muy sensibles al contenido en CO₂ del fluido profundo. Además, integrando métodos de geotermometría de gas, estimamos la profundidad de un posible reservorio y el estado de saturación en gas del mismo.

SE03-23

CAMPO GEOTÉRMICO LOS HUMEROS: INTERACCIÓN AGUA-ROCA, AVANCES.

Yáñez Davila David, González Partida Eduardo,
Gutiérrez-Armendáriz Erik y González Ruiz Luis Eduardo
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
yanezdd@geociencias.unam.mx

En México, con la finalidad de ponerse a la vanguardia en energía geotérmica se creó el Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CEMIE-Geo), con el desarrollo de 30 proyectos de investigación, en el presente trabajo pretende dar a conocer los avances del proyecto 08, que tiene como objetivo estudiar los fenómenos de interacción agua-roca. Debido a que las exploraciones se concentran principalmente en el estudio del subsuelo, este trabajo se enfocó a la caracterización geoquímica de minerales hidrotermales superficiales, así como la movilidad de elementos, los cuales se calcularon mediante un balance de masas (Na₂O, K₂O, CaO, MgO, Cl⁻, Hg⁺, NH₄⁺, SO₄²⁻, HCO₃⁻) haciendo uso de la ecuación de Gresens' (1967) para la alteración metasomática, la cual fue modificada por Grant (1986). Con los resultados obtenidos se llegó a una mejor comprensión de lo que sucede en la interacción agua-roca, añadiendo un estudio de inclusiones fluidas (IF) complementario de los pozos H-41, H-42 y H-43, y la recopilación de diferentes estudios que se han realizado de IF. Los datos obtenidos nos proporcionaron información del comportamiento térmico de los fluidos, y con base al estudio petrográfico y mineralógico de diversos pozos se obtuvo la paragénesis mineral del campo geotérmico Los Humeros, estos resultados nos brindan un amplio conocimiento de los aspectos mineralógicos que se están llevando a cabo en el campo geotérmico los Humeros. Keywords: sistema geotérmico, inclusiones fluidas, balance de masas.

SE03-24

PROPUESTA DE UNA PLANTA DE COGENERACIÓN GEOTÉRMICA EN CÓSALA, JALISCO

Martínez Reyes José, Salcedo Hernández Filiberto, Vera
Romero Iván, Estrada Jaramillo Melitón y Ortiz Soriano Agustina
Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo, UCEM
jrmreyes@geociencias.unam.mx

La zona de la Ciénega de Chapala se encuentra al este del rift Citla que alberga un sistema geológico que da lugar a la actividad hidrotermal regional, principalmente las fallas Ixtlan y Pajacuaran. La geotermia regional se compone de un hidrotermalismo superficial constituido de manantiales y pozos de agua caliente con temperaturas entre 48 y 94 °C en Ixtlan de los hervores y San Juan Cósala así como de volcanes de lodo en los negritos. Las aguas y gases de estas manifestaciones hidrotermales poseen características físico-químicas que indican la presencia de fluidos geotérmicos. Por otro lado, la cogeneración es el aprovechamiento simultáneo de una misma fuente de energía primaria para dos usos como la generación de energía eléctrica y el aprovechamiento del calor residual en un proceso industrial, de servicios o vivienda. En una zona geotérmica esto se refiere al uso de la salmuera y/o vapor geotérmico para una aplicación directa que requiera calor y generación eléctrica por otra parte. En el presente trabajo se propone un ciclo de cogeneración para mayor aprovechamiento del recurso geotérmico disponible en San Juan Cósala, Jalisco. Mediante el cual se pueden obtener hasta un 82 % de la potencia obtenida como generación eléctrica y alrededor de un 16 % para uso directo en balneología o acondicionamiento de instalaciones industriales de servicios o viviendas.

SE03-25 CARTEL

MODELO CONCEPTUAL Y NUMÉRICO DE LOS ACUÍFEROS EN TARÍMBARO Y CUITZEO MICHOCÁN USANDO GMS Y TOUGH2

Avila Villegas Ana Yunnuen y Garduño Monroy Victor Hugo
Instituto de Investigación en Ciencias de la Tierra, INICIT-UMSNH
didactica.fismat@gmail.com

Hasta ahora el desarrollo de los campos geotérmicos en México se ha concentrado a establecer modelos de explotación en campos de alta entalpia, los cuales ya son pocos. Sin embargo el escenario vulcano tectónico del país ofrece campos geotérmicos de mediana y baja entalpia, que ya están siendo aprovechados en el mundo y que nuestro país, no obstante su abundancia está rezagado en el aprovechamiento de estas energías limpias. Por otro lado conocer la dinámica de los acuíferos ligados a los yacimientos geotérmicos, representa un reto de suma importancia, ya que su estudio es en forma indirecta y a través de datos geofísicos y geológicos que deben ser lo suficientemente sólidos para conformar un modelo conceptual lo más apegado a la realidad y que sea la base del modelo numérico. El modelo numérico propuesto se desarrolla con los software Modflow por medio del visualizador comercial GMS (Groundwater Modeling System) y Tough2 para buscar la caracterización de cada acuífero en base a sus parámetros hidrogeológicos y condiciones de flujo. A partir de esto se establece la forma en que se relacionan los mantos acuíferos en la zona y el flujo de calor y separarlas de aquellas de flujos de acuíferos naturales no geotérmicos, también importantes, para proponer así, las zonas óptimas de perforación del campo geotérmico en el borde sur del lago de Cuitzeo. Se presentan aspectos generales y metodológicos del proyecto, así como el modelo conceptual de los acuíferos y los resultados parciales de la modelación numérica.

SE03-26 CARTEL

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE ARARÓ, ZINAPÉCUARO, MICHOCÁN.

Gomez Jose Joaquin¹ y Mazzoldi Alberto²¹Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, UMSNH²Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CeMIEGeo)
jgc_leonigma@hotmail.com

Se presenta un trabajo de prospección magnetométrica realizado en la zona geotérmica de Araró, Zinapécuaro, Michoacán, apoyado con un estudio de sondeos TEM y una reinterpretación de datos gravimétricos. Estos trabajos tuvieron como objetivo aportar conocimientos para elucidar la localización de cuerpos y/o estructuras geológicas someras y profundas que estén relacionados al yacimiento geotérmico. Para ello se realizaron levantamientos magnéticos efectuados en dos campañas de medición con los magnetómetros Gem Systems GSM-19 GW de efecto Overhauser y Geometrics G-857 de precesión protónica, posteriormente se llevaron a cabo sondeos TEM en la misma zona; los datos se procesaron con filtros matemáticos usando el software Oasis Montaj v 6.4.2, para elaborar perfiles y mapas de intensidad magnética, resistividad y gravimétrica. En el mapa de anomalía magnética (AM) se identificaron dos lineamientos positivos importantes con valores >200 nT, el primero de orientación E-W y el segundo NNE-SSW, que se intersectan al E de la población de Araró, este último se reafirma en el mapa de anomalía reducida al polo (RP) con valores >400 nT, y que cruza por la falla Araró-Zimirao; se observan también dos lineamientos positivos de orientación NNW-SSE y NE-SW que intersectan al lineamiento NNE-SSW en dicha falla. Se obtuvieron dos mapas adicionales: el Tilt Derivative (TDRV) y Señal Analítica (SA), con la finalidad de corroborar los lineamientos encontrados e identificar contactos litológicos evidenciados por contrastes de magnetización. En estos se observan las firmas magnéticas de las fallas Huingo y Araró-Zimirao, y varios lineamientos de gradientes positivos de orientación similar a los encontrados en los primeros mapas. La localización de las principales manifestaciones hidrotermales se encuentran alineadas sobre una anomalía positiva >334 nT, de orientación NW-SE que se evidencia en los mapas RP, TDRV y SA. Los sondeos TEM por su parte, muestran un medio resistivo de valores muy bajos (<4 Ωm) en forma de "estrato" de espesor variable que se va profundizando desde la falla Araró-Zimirao hasta el NW de la población de Araró y que parece estar cortado por estructuras tipo falla normal; y, finalmente el mapa de anomalía total de Bouguer evidencia que la zona de estudio se encuentra "encerrada" en un área de mínimos gravimétricos <-205mGal a partir de gradientes de orientación NNE-SSW y NW-SE. Los resultados de los estudios geofísicos muestran similitudes entre sí, infiriéndose cruce de estructuras geológicas asociadas al Basin and Range del Oligoceno con el SFMA, que pueden estar controlando el ascenso y la distribución de los fluidos hidrotermales en la zona de estudio.

SE03-27 CARTEL

DESHIDRATADOR DE ALIMENTOS GEOTÉRMICO

Pérez González Eduardo
 Instituto de Ingeniería, UNAM, IIDEA
 eperezg@iingen.unam.mx

El objetivo central de este proyecto, radica en la preocupación por atender una necesidad actual como lo es el cuidado del medio ambiente y una manera eficiente, para hacer frente a periodos de escases de alimentos y mejor aprovechamiento de los recursos agrícolas, al preservar frutas, verduras y especias sin conservadores y con altas propiedades nutrimentales. México tiene la oportunidad de hacer una sinergia con un potencial prometedor con el aprovechamiento de la energía geotérmica de baja entalpía y la gran riqueza, por su diversidad, en el cultivo de productos hortofrutícolas. Lo anterior queda al descubierto con el ahorro de energéticos de naturaleza fósil y del aprovechamiento de los recursos alimenticios que se desperdician en nuestro país, estos son más de la tercera parte de los alimentos que se producen cada año. El sistema deshidratador está diseñado para operar con geotermia de baja entalpía. Dicho recurso geotérmico (90°C) es extraído del pozo y se ingresa a un intercambiador de calor de placas planas en donde cede parte de su energía a un segundo fluido de trabajo (agua blanda). Una vez llevado a cabo este proceso de transferencia de calor, el fluido geotérmico es reinyectado al subsuelo. Posteriormente, el segundo fluido de trabajo, previamente calentado hasta 80°C, se hace fluir por un intercambiador de calor de tubos aletados, con un arreglo triangular, que permitirá un incremento en la temperatura del aire de 60°C, dicho fluido es calentado en la cámara de calefacción, para posteriormente ingresar a la cámara de secado, donde sucede un proceso altamente dinámico por la transferencia de masa y energía desde el alimento hasta el aire seco. Para aprender más del proceso de secado, mediante la experimentación, se ha estado trabajando con un prototipo de laboratorio, donde generamos muestras para su evaluación microbiológica y sensorial en colaboración con la Facultad de Química de la UNAM, así como simulaciones de flujo con Dinámica de Fluidos Computacionales (CFD por sus siglas en inglés), esto con la finalidad de garantizar la uniformidad en el secado, inocuidad de los alimentos con altas propiedades nutrimentales y sensoriales. Este proyecto está justificado en el desarrollo de tecnología para aprovechar la energía geotérmica de baja entalpía, ofrecer un proceso de deshidratación más eficiente y con productos de mejor calidad, comparado con los secadores solares convencionales; Muy particularmente habría un fortalecimiento en la economía de los productores al dejar de tener pérdidas por mermas, tendrían la oportunidad de ingresar a nuevos mercados y satisfacer una demanda creciente en productos orgánicos libres de conservadores, donde no solo hay un desarrollo tecnológico y/o social, sino también un beneficio ecológico al emplear una energía más amigable con el medio ambiente respecto de las ya conocidas.

SE03-28 CARTEL

**DESARROLLO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN
 SUPERFICIALES EN MATERIALES
 METÁLICOS EMPLEADOS EN AMBIENTES
 GEOTÉRMICOS DE BAJA ENTALPÍA.**

Ramos Campos Oscar Inti E.¹, Hernández Gallegos Miguel Ángel² y Aviña Jimenez Hector M.¹
¹Instituto de Ingeniería-UNAM, II-UNAM
²Facultad de Ingeniería-UNAM
 inti.rramos@hotmail.com

En el presente trabajo se desarrolla un recubrimiento que proteja contra la corrosión y la incrustación de minerales, ocasionados por la interacción con fluidos geotérmicos de baja entalpía. Este recubrimiento está pensando en utilizarse en la tubería de un intercambiador de calor que transporta estos fluidos. Con la información recopilada en el estado del arte, se propuso la implementación de la tecnología de recubrimientos sol-gel como película protectora de estos tubos. A partir de investigaciones previas realizadas por el grupo de trabajo del Centro de Ingeniería de Superficies y Acabados (CENISA) de la Facultad de Ingeniería, UNAM, se investigó qué tipo de inoculantes o dopantes se podrían emplear para mejorar las propiedades hidrofóbicas de los recubrimientos orgánicos-inorgánicos. Para tal efecto, y con base en los requerimientos hidrofóbicos de estos recubrimientos, se incorporaron compuestos tensoactivos comerciales (Sigma-Aldrich y Chemguard) para modificar la estructura polimérica del recubrimiento. Con base en los resultados obtenidos se observaron mejoras positivas del recubrimiento sobre todo al utilizar el producto provisto por la empresa Chemguard, tanto en sus propiedades anti-corrosivas como en las anti-incrustativas. A partir de los resultados obtenidos por la técnica de Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS) las propiedades protectoras de los recubrimientos presentaron un aumento en el módulo de impedancia de hasta tres órdenes de magnitud por arriba del recubrimiento sol gel convencional. Asimismo, la modificación de las propiedades superficiales del recubrimiento eliminó la deposición de capas de carbonatos y silicatos. Como producto final de este trabajo se propusieron dos recubrimientos sol-gel, con diferente proporción de los dopantes que demostraron tener mayor capacidad de protección en el sustrato de aluminio, en contacto que el fluido geotérmico a tiempos largos de exposición. También se presentan las áreas de oportunidad para seguir mejorando las propiedades de estos recubrimientos para los propósitos requeridos

SE03-29 CARTEL

**COMPORTAMIENTO TRANSITORIO DE UN
 INVERNADERO PARA APLICACIONES DE
 USOS DIRECTOS DE ENERGÍA GEOTÉRMICA**

Mercado Herrera Abelardo¹, Lara Chavez Fernando¹, Ling Lopez Juan Carlos¹, Rello Garcia Armando¹, Nuño Moreno Raul², Almada Gomez Jorge Jesus¹, Garcia Gutierrez Alfonso¹, Rivas Cruz Fernando³, Torres Luna Vicente³ y Garcia Manuel Pablo³

¹Universidad Politécnica de Baja California, UPBC

²Secretaría de Fomento Agropecuario de Baja California

³Instituto de Investigaciones Eléctricas
 amercadoh@upbc.edu.mx

Actualmente el sector agrícola enfrenta serios desafíos para incrementar la producción de alimentos, en buena parte del país. Debido a las condiciones climatológicas extremas que se presentan en la región norte de México, resulta indispensable el uso de estrategias de producción acelerada de alimentos para condiciones de frío extremo. El uso de invernaderos es una opción rentable que en los últimos años ha logrado abatir esta problemática al mantener climas idóneos y permitir control de variables para el desarrollo óptimo de las plantas. Sin embargo, la climatización de los invernaderos tradicionales resulta ineficiente y costosa pues utilizan combustibles fósiles como fuente de energía, de allí la necesidad de explorar otras alternativas, tales como los usos directos de la energía geotérmica. El presente trabajo tiene la finalidad de determinar la demanda térmica anual requerida para satisfacer las necesidades energéticas de un invernadero típico de la región. Con el uso de la herramienta de simulación TRNSYS, se realizará un estudio bajo diferentes escenarios considerando las variables idóneas para un óptimo desempeño térmico del sistema, siendo posible simular condiciones climáticas de la región norte de México, apoyado en bases de datos meteorológicos. Con los resultados esperados será posible en etapas posteriores, implementar soluciones de climatización mediante los usos directos de la energía geotérmica de baja entalpía para incrementar la productividad del campo a través de la agricultura protegida, reduciendo costos e incrementando la disponibilidad de cosechas durante todo el año.

SE03-30 CARTEL

**ESTUDIO VULCANOLÓGICO LIGADO AL
 POTENCIAL GEOTÉRMICO EN LOS DOMOS
 DE LAS DERRUMBARAS, PUEBLA, MEXICO.**

Dávalos Pérez Vélez Ana María¹, Garduño Monroy Victor Hugo² y Jiménez Haro Adrián²

¹Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro, ITST

²Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica
 geocienciaad@gmail.com

El Complejo Volcánico de Las Derrumbadas se encuentra en la parte centro oriental del estado de Puebla, limitando con el estado de Veracruz al E, y al W con Tlaxcala. Se trata de dos domos mayores de composición rio-dacíticos de edad estimada de 320 mil años, pero acorde a las características morfológicas y vulcanológicas podría tener entre 10 y 40 mil años (Siebe y Verma, 1985), asociados a estos, existen numerosos depósitos volcánicos. En el Domo Norte se encuentran: depósitos de avalancha formados heterológicamente, con fragmentos de roca caliza y dacitas; flujos de bloques y cenizas con una estructura masiva mal clasificada en una matriz de ceniza y fragmentos monolitológicos subangulosos de composición dacítica; finalmente flujos piroclásticos compuestos por líticos tamaño ceniza y fantasmas de biotita. Los flujos de bloques y ceniza del Domo Sur presentan una estructura masiva mal clasificada con clastos angulosos a subangulosos en una matriz de ceniza que presenta minerales de cuarzo y biotitas. En conjunto el Domo Norte como el Domo Sur contienen siete domos resurgentes de composición dacítica con una altura no mayor a los 700m; posteriores al vulcanismo dacítico, se reconoció una serie de volcanes monogenéticos que por su actividad y estructura volcánica se dividen en: conos cineríticos, conos piroclásticos y anillos piroclásticos. Acorde a un estudio geoquímico realizado por la Comisión Federal de Electricidad para prospección geotérmica, la temperatura promedio de fondo que se encuentra en los domos de Las Derrumbadas es de 237°C obtenido por el método de Orsat (Molina, 1981). Se considera que el yacimiento geotérmico se encuentra alojado en rocas carbonatadas calizas que presentan una dirección de plegamiento NW-SE y con vergencia al NE o bien en rocas graníticas terciarias como en Los Humeros. De acuerdo a la clasificación volcánica de Gropelli et al. (2013), la zona de estudio se conforma de dos subsistemas denominados Domo Norte y Domo Sur respectivamente, el primero de composición dacítica y el segundo de composición riódacítica con una edad de 320 mil años; la clasificación tiene veinticuatro litomas, los cuales se dividen en tres domos resurgentes del Domo Norte, cuatro domos resurgentes del Domo Sur, dos anillos piroclásticos, un maar, y catorce conos cineríticos; los miembros se dividen en cuatro avalanchas, tres depósitos de bloques y ceniza, tres depósitos de secuencia de flujo, cinco flujos de lava, cinco depósitos de humock, dos depósitos de flujos piroclásticos, un depósito de oleadas húmedas, cuatro eventos de flujo de detritos, dos depósitos fluviales y dos aluviales. Los domos de Las Derrumbadas son unidades volcánicas jóvenes, estratigráficamente el Domo Sur es más reciente y es ahí donde se encuentra el mayor potencial termal, así como las anomalías de los mínimos resistivos. Al SW del Domo Sur hay manifestaciones termales superficiales con temperaturas de 45° en promedio. Con esta actividad magmática

y su posible edad Holocénica, nos señalan que Las Derrumbadas podría existir un campo geotérmico al menos para desarrollar proyectos de mediana y baja entalpía.

SE03-31 CARTEL

SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR DEL CICLO BINARIO DE EVAPORACIÓN INSTANTÁNEA-IIDEA

Russell Uriel
Instituto de Ingeniería Desalación y Energías Alternas, iiDEA
brussell@iingen.unam.mx

El presente trabajo describe detalladamente el principio de funcionamiento y características particulares de un innovador sistema de generación de vapor para generación eléctrica modular, inspirado en las plantas geotérmicas de generación eléctrica (Geothermal Power Plants) y desarrollado por el grupo multidisciplinario de investigación iiDEA (de su acrónimo en español Instituto de Ingeniería Desalación y Energías Alternas). Como una breve introducción, se presenta la situación actual de la geotermia en México, los principales puntos geotérmicos explorados, su clasificación de acuerdo a su temperatura (alta, mediana y baja entalpía) y el status de su aprovechamiento para generación eléctrica (principalmente) y usos directos (balneología). Mostrando, categóricamente, el amplio campo de oportunidad que representa la Geotermia de mediana a baja entalpía en generación eléctrica, la cual no está siendo aprovechado de acuerdo a su gran potencial. Posteriormente se describen los principales métodos empleados en la generación de vapor para producción eléctrica con recurso geotérmico. Iniciando con las plantas de flasheo simple (Single-Flash Steam Power Plants) instalados en los campos geotérmicos de vapor dominante y que representan alrededor del 29% de las plantas geotérmicas (Ronald DiPippo, 2005). Posteriormente se describe el proceso generación de vapor con doble flasheo (Double-Flash Steam Power Plants), en el cual muchos aspectos son similares al Single-Flash. Las plantas Doble-Flash resultan de una mejora al diseño de las primeras, con lo que se puede incrementar la producción entre el 15 y 25% (Ronald DiPippo, 2005) bajo las mismas condiciones del recurso geotérmico. Las plantas de vapor seco (Dry-Steam Power Plants) también son descritas al ser las más simples y económicas, son las primeras plantas con las cuales se obtuvieron resultados comerciales y por su bajo impacto ambiental. Como caso final se presentan las plantas de ciclo binario (Binary Cycle Power Plants) describiendo a mayor detalle su principio de funcionamiento, requerimientos, ventajas y desventajas de su implementación. Una vez comprendidos cada uno de los métodos de generación de vapor utilizados en la geotermia para la generación eléctrica, se presenta el Ciclo Binario de Evaporación Instantánea (CBEI) desarrollado por el grupo iiDEA. Dicho ciclo implementa y modifica el método de flasheo empleado en las plantas geotérmicas convencionales en un Ciclo Binario típico, dando como resultado un Ciclo Binario mejorado con un innovador sistema de generación de vapor en su tipo (Binario). Finalmente se detallan los elementos y el principio de funcionamiento de éste sistema de generación de vapor, sus rangos de operación óptimos y los beneficios de su implementación.

SE03-32 CARTEL

INTEGRACIÓN DE DIVERSAS BASES DE DATOS PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE FLUJO DE CALOR DE MÉXICO.

Prol Ledesma Rosa María¹, Espinoza-Ojeda Orlando M.², Iglesias Eduardo R.³ y Arango Galván Claudia¹
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán
³Instituto de Investigaciones Eléctricas, Gerencia de Geotermia, Av. Reforma 113, 62490 Cuernavaca, Morelos, México
prol@unam.mx

La determinación del potencial geotérmico de una región está íntimamente ligada a los valores de la descarga energética que se relacionan con el flujo de calor superficial y son muy útiles para establecer rangos en la cuantificación de los recursos geotérmicos de una región o país. En el caso de México se carece de mapas detallados de flujo y gradiente térmico con información actualizada, y estos datos tienen gran importancia puesto que ambos parámetros están relacionados con la presencia de sistemas geotérmicos. El CeMIE-Geo ha tomado la responsabilidad de elaborar mapas a mayor detalle para su utilización como herramientas de exploración de nuevos sistemas geotérmicos que puedan ser utilizados en el futuro cercano como fuentes de energía limpia. En este trabajo se presentan los avances en la integración de diferentes conjuntos de datos de medición y estimación de los valores de la temperatura a profundidad para el cálculo del flujo de calor. Las bases de datos que se integran incluyen datos de mediciones geofísicas y geoquímicas. La importancia de estos resultados es que se definen las zonas con mayor favorabilidad para la presencia de anomalías de alta temperatura a profundidad, que en el futuro puedan ser aprovechadas independientemente de la permeabilidad de las formaciones que las contienen.

SE03-33 CARTEL

ANÁLISIS DE LA POROSIDAD Y PERMEABILIDAD EN MATERIALES GEOLÓGICOS DEL COMPLEJO CALDÉRICO DE LOS HUMEROS MEDIANTE MICRO-TOMOGRFÍA COMPUTARIZADA DE RAYOS X

Cid Luna Hector Eduardo¹, Carrasco Núñez Gerardo¹, Manea Vlad Constantin¹ y Olmos Navarrete Luis Rafael²
¹Centro de Geociencias UNAM
²Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo
edu_gba@comunidad.unam.mx

Actualmente se explotan en México al menos cinco fuentes de energía renovables, las cuales aportan aproximadamente el 10% del total de energía primaria producida (SENER). De ellas, la energía generada a partir de la extracción del calor interno de la tierra conocida como geotérmica, ha tomado gran relevancia, dadas las condiciones geológicas del país, colocándolo así como el cuarto con mayor capacidad de producción energética en este rubro a nivel internacional. Sin embargo, la producción renovable de energía actual no es suficiente para asegurar el futuro energético del país. Diversos esfuerzos nacionales se han creado para desarrollar la producción de energía verde, especialmente de la geotérmica. Como parte estas iniciativas se tiene como objetivo la caracterización cualitativa y cuantitativa de los diversos materiales geológicos de los complejos caldéricos en el país. De este modo se pretende obtener propiedades como la porosidad, fracturamiento, densidad y permeabilidad; propiedades básicas para la explotación de los recursos geotérmicos. En este trabajo se presenta el análisis de núcleos de reservorio del complejo caldérico de Los Humeros mediante la micro-tomografía computarizada de rayos X (XCT), para determinar la porosidad y permeabilidad de estos sistemas y la consecuente viabilidad de extracción energética. XCT es una novedosa técnica que consiste en cuatro pasos generales que incluyen: 1) la generación de un haz de rayos-X que se hace incidir sobre una muestra, 2) el haz transmitido por la muestra es capturado por un centelleador que transmite la información gráfica a una cámara, 3) las proyecciones tomadas son guardadas en una computadora de alta capacidad, 4) la reconstrucción de una imagen 3D a partir de sus proyecciones mediante el uso de software especializado. De esta manera se obtiene un sólido digitalizado de alta definición que mantiene las características morfológicas y composicionales derivadas de la densidad del material analizado. Debido a la gran diferencia de densidades entre el aire y los materiales geológicos una aplicación muy común consiste en el estudio de la porosidad de estos sólidos, dado que estos espacios son llenados con aire, lo cual proporciona un alto contraste. Siguiendo este concepto, el contraste con el aire también puede ser utilizado para determinar las características superficiales de las rocas tales como micro y macro fracturas, así como también la determinación de fases gaseosas y líquidas por su alto contraste en la tomografía de rayos-X. Por ello es posible determinar propiedades hidráulicas tales como permeabilidad de los materiales geológicos, características vitales para los pozos petroleros y geotérmicos. De esta manera el estudio realizado en los núcleos del pozo geotérmico de Los Humeros puede ser factor clave no solo para este campo geotérmico, sino para otras áreas durante los trabajos de exploración geotérmica. Este trabajo es parte del proyecto P05 del Consorcio Cemie-Geo, al cual se reconoce su apoyo.

SE03-34 CARTEL

ASPECTOS GEOLÓGICOS DE LAS MANIFESTACIONES TERMALES LOS VOLCANES, LORETO, BAJA CALIFORNIA SUR

González Romo Irving Antonio¹, Rodríguez Díaz Augusto Antonio² y Errasti Orozco Marcela²
¹Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería
²Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica
tony_romo_09@hotmail.com

Las manifestaciones termales de Los Volcanes se ubican al este de la Península de Baja California, en la municipalidad de Loreto, Baja California Sur. Las manifestaciones se encuentran en el sur de la cuenca tectónica San Nicolás. La cuenca está delimitada por una serie de fallas normales y normales con componente lateral izquierda de orientación NO-SE y NE-SO relacionadas al evento de la apertura del Golfo de California. La región de la Cuenca San Nicolás está constituida predominantemente por rocas piroclásticas de la Formación El Salto del Oligoceno y rocas sedimentarias detríticas de la Formación San Nicolás del Plioceno. Estratigráficamente la zona se compone de un basamento granodiorítico de edad cretácica, sobreyacido discordantemente por depósitos piroclásticos de la Formación El Salto, del Grupo Comondú, que a su vez están cubiertos discordantemente por una secuencia de rocas sedimentarias detríticas de la Formación San Nicolás y, finalmente, depósitos de aluvión. En el área se presentan un conjunto de manifestaciones termales que incluyen ventilas con descarga de gas, principalmente, y depósitos minerales de tipo veta-falla, costras y agregados arriñonados de carbonatos. Las ventilas se agrupan en 4 zonas con descargas constantes y focalizadas a lo largo de fisuras y fallas o el cruce de éstas, con orientaciones NE-SO y NO-SE, las ventilas presentan emanaciones entre los 40 °C y 70 °C, con pH alrededor del neutro, con precipitados de agregados arriñonados de carbonatos y películas gelatinosas de microorganismos de color verde y ocre en las paredes de orificios de las descargas. Las estructuras mineralizadas se

encuentran ampliamente distribuidas en la región y espacialmente relacionadas a las ventilas, la disposición de estas vetas es NO-SE y NE-SO. Generalmente son del tipo veta pseudobandeada con fases minerales de sílice, jaspe, carbonatos, barita y óxidos de manganeso, ocasionalmente las vetas presentan continuidad superficial en forma de conductos fósiles, los conductos presentan forma tubular y bandeado concéntrico con periferias de fases de sílice y centros rellenos de calcita y calcita manganesífera. Así mismo, la abundante ocurrencia de agregados arriñonados de carbonatos de apariencia orgánica. Las manifestaciones termales activas y fósiles están alojadas en brechas conglomeráticas de la Formación San Nicolás, usualmente oxidadas, silicificadas y ligeramente argilizadas preferentemente hacia el borde de las manifestaciones. Adyacente a las manifestaciones termales existe un aparato volcánico andesítico microporfídico ampliamente oxidado, de probable conexión con las manifestaciones termales. Los aspectos geológicos que comparten las ventilas y las mineralizaciones como litología, fallamiento distensivo, estructura de tipo graben, alteraciones hidrotermales, asociaciones minerales semejantes y posibles procesos de biomineralización, condicionan la ocurrencia de un sistema geotérmico en la región. La actividad termal en la región supone un sistema que data desde el Plioceno al reciente, debido a los depósitos en las ventilas y estructuras mineralizadas respecto a sus equivalentes en la mina de manganeso Santa Rosa, adyacente a Los Volcanes, de origen hidrotermal del tipo manantial termal.

SE03-35 CARTEL

APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE ESPECTROMETRÍA SWIR PARA EL ANÁLISIS DE ASOCIACIONES MINERALES DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL EN LAS MANIFESTACIONES TERMALES DE LA CUENCA DE SAN NICOLÁS, BAJA CALIFORNIA SUR

Alva Flores María Fernanda¹, Rodríguez Díaz Augusto Antonio², Escorcía Ocampo Emmanuel³, Errasti Orozco Marcela² y Ruiz Armenta Juan Ramón²

¹Instituto Politécnico Nacional

²Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

³Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero feripn2012@gmail.com

El análisis espectral de muestras minerales, por análisis de infrarrojo de onda corta (SWIR por sus siglas en inglés Short Wavelength Infrared), es un método relativamente nuevo en el campo de la exploración geotérmica. La técnica permite la identificación rápida sobre el terreno o en muestras de minerales de alteración hidrotermal y delimitación de las zonas de alteración, representa una guía muy importante en la exploración de regiones de interés energético. La Cuenca de San Nicolás, es un graben que se ubican en la costa este de la Península de Baja California, en la municipalidad de Loreto, Baja California Sur. La cuenca está delimitada por una serie de fallas orientación NO-SE y NE-SO relacionadas al evento de la apertura del Golfo de California. Las litologías que afloran en la región incluyen granodioritas del Cretácico, tobas del Oligoceno y rocas sedimentarias y vulcanosedimentarias del Plioceno. En la Cuenca San Nicolás se localizan dos grupos de manifestaciones termales: a) Saquisismunde y b) Los Volcanes. Las manifestaciones termales en Saquisismunde comprenden manantiales termales costeros, zonas estrechas con alteración hidrotermal y depósitos en vetas. Las manifestaciones termales en Los Volcanes consisten de ventilas con descarga principalmente gaseosa, zonas de alteración y vetas mineralizadas. Durante campañas de campo se recolectaron diversas muestras geológicas en y en los alrededores de las manifestaciones termales, las cuales fueron analizadas mediante SWIR identificándose los minerales de alteración y depósito presentes. En la región de Saquisismunde se analizaron 10 muestras de las cuales se denoto una asociación mineral compuesta de ópalo, montmorillonita, illita-esmectita, illita, barita, cuarzo, calcita, y manganocalcita, como fases minerales predominantes. Los tipos de alteración identificada con base en la asociación mineral encontrada comprenden argílica, silicificación y carbonatación. En la zona de Los Volcanes se analizaron 8 muestras encontrando una asociación mineral de ópalo, illita-esmectita, esmectita, calcita, manganocalcita y romanechita como fases minerales de alteración y depósito. Los tipos de alteración hidrotermal identificados son argílica, silicificación y carbonatación. La aplicación de SWIR para la identificación, zonación de alteraciones hidrotermales y depósitos en los prospectos geotérmicos resulta un método confiable, de bajo costo y de rápida adquisición de resultados, apoyando con ello las tareas de exploración superficial en la zona.

SE03-36 CARTEL

ANÁLISIS ESPECTRAL DE ASOCIACIONES MINERALES MEDIANTE SWIR PARA IDENTIFICAR ALTERACIONES HIDROTHERMALES RELACIONADAS A LA MANIFESTACIÓN TERMAL EN SAN COSME, BAJA CALIFORNIA SUR

Escorcía Ocampo Emmanuel¹, Rodríguez-Díaz Augusto Antonio², Alva Flores María Fernanda³, Errasti Orozco Marcela² y Ruiz Armenta Juan Ramón²

¹Universidad Autónoma de Guerrero, Unidad Académica de Ciencias de la Tierra

²Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

³Instituto Politécnico Nacional, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 4 Lázaro Cárdenas manolo070794@hotmail.com

Un espectrómetro portable de campo fue utilizado para medir la reflectancia en infrarrojo de onda corta SWIR (por sus siglas en inglés Short Wavelength Infrared), en el rango de 1300 a 2500 nanómetros (nm), en muestras mineralizadas relacionadas a la actividad hidrotermal del manantial termal costero en San Cosme, costa este de Baja California Sur. Los espectros obtenidos mediante esta técnica incluyen rangos de absorción característicos que representan enlaces moleculares de OH, H₂O, CO₃, NH₄, Al(OH), Fe(OH), etc., esta cualidad permite la identificación de grupos minerales en muestras geológicas. La espectrometría SWIR ofrece una rápida adquisición e interpretación de datos que permite identificar fases minerales que en muestra de mano que por observaciones directas sería complejo. Durante campañas de campo en la región de San Cosme se recolectaron muestras de alteración y precipitados minerales adyacentes a manantiales costeros para su identificación mediante SWIR. Hacia el norte del poblado de San Cosme se encuentra un manantial intermareal con descarga difusa de fluidos a temperatura alrededor de los 60°C desde el sustrato rocoso, el manantial está alojado en tobas y su disposición está controlada por fallamiento de orientación NO-SE y NE-SO. El tipo de fallamiento en la zona, que regula la ubicación del manantial y los halos de alteración, está estrechamente relacionado a los procesos de apertura del Golfo de California. Adyacente a la manifestación termal existen litologías del tipo brecha volcánica y toba, falladas intensamente, las cuales presentan halos de alteración y vetillas mineralizadas. La asociación mineral identificada para las alteraciones hidrotermales consiste de esmectita, ópalo, illita, illita-esmectita, calcita y goethita. Correspondiendo a los tipos de alteraciones de argilización, silicificación y carbonatación, siendo las más importantes por su desarrollo la argilización y silicificación. Las vetillas comprenden ópalo, yeso, barita, illita-esmectita y calcita. Adicionalmente mediante microscopía electrónica y análisis de química mineral semicuantitativa (EDS) se reconoció la presencia de microcristales de minerales de plata. Las asociaciones minerales determinadas por el SWIR son compatibles con las características fisicoquímicas del fluido del manantial.

SE03-37 CARTEL

ANÁLISIS ESPECTRAL MEDIANTE SWIR DE DEPÓSITOS HIDROTHERMALES ASOCIADOS A MANIFESTACIONES TERMALES ACTIVAS Y FÓSILES AL SUR DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CERRO DE MENCENARES, COSTA ESTE DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

Velasco Zuñiga Mauricio¹, Rodríguez Díaz Augusto Antonio², González Romo Irving Antonio¹, Errasti Orozco Marcela² y Ruiz Armenta Juan Ramón²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería

²Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

velascozm Mauricio@gmail.com

La espectroscopia de infrarrojo de onda corta SWIR (Short Wavelength Infrared) ha tenido un gran impacto en la exploración de georecursos, en especial la geotermia, ya que ha cambiado y generado nuevas perspectivas para el geólogo de campo. El espectrómetro portátil proporciona datos in situ que permiten que el prospector integre de inmediato varios datos: mineralogía, geoquímica y geofísica, en el campo, donde esta información se puede aplicar rápidamente a una mejor comprensión de lo que se observa físicamente. La técnica de SWIR fue utilizada para la identificación y caracterización de precipitados minerales relacionados a la actividad termal actual y fósil al sur del Complejo Volcánico Cerro del Mencenares del Plioceno, en la costa este de la Península de Baja California. Las manifestaciones termales consisten en a) un manantial costero con descarga de fluidos con temperatura alrededor de los 30 °C, pH alrededor de neutro a ligeramente alcalino, asociado al cruce de fallas NE-SO y NO-SE, alojado en rocas volcánicas y precipitados hidrotermales en forma de veta; b) dos manantiales termales continentales y pozo de agua caliente denominados Agua Caliente con temperatura de descarga de 35 °C, 50°C y 55 °C, respectivamente, pH alrededor del neutro, asociados a fallas NE-SO y NO-SE, encajonados en coquinas y con precipitados en vetillas, costras y crecimientos de agregados arriñonados de carbonatos; c) zona mineralizada con vetas pseudobandeada y costras compuestas de fases minerales de sílice, óxidos de manganeso y carbonatos, alojadas en rocas volcánicas piroclásticas. Las vetas tienen orientaciones NO-SE y NE-SO. Las asociaciones minerales identificadas a través de SWIR revelan para las manifestaciones activas: a) ópalo, calcita, montmorillonita, illita y romanechita, b) calcita, manganocalcita, romanechita, ópalo y montmorillonita, c) cuarzo, ópalo, calcedonia, romanechita, ramsdellita, barita, calcita, manganocalcita, montmorillonita e illita. Las asociaciones minerales en los precipitados de manantiales activos son similares y comparables entre sí y con

los depósitos de las manifestaciones termales fósiles, el conjunto de minerales es cotejable con las características fisicoquímicas de los fluidos de descarga. La semejanza entre asociaciones minerales y características geológicas entre los manantiales activos y las mineralizaciones adyacentes presumen una actividad termal equivalente y prolongada desde el Plioceno.