

GET-01

IMPLICACIONES DEL MODELO DE LA TRIPLE UNIÓN PARA EL ORIGEN DEL GOLFO DE MÉXICO EN LA EXPLORACIÓN PETROLERA PROFUNDA

Jaime Rueda Gaxiola

ESIA, Unidad Ticomán de Ciencias de la Tierra, IPN
Calzada Ticomán No. 600. México, D.F.
E-mail: jaimerueda@compuserve.com.mx

Las secuencias mesozoicas de lechos rojos y sal representan el basamento económico de las sub-cuencas petroleras mexicanas del Golfo de México, así como el inicio de la transgresión marina tethisiana que formó los sistemas petroleros. Los análisis palinoestratigráficos (1969-1993) de esas secuencias permitieron obtener datos lito-, bio- y cronoestratigráficos del Alogrupo Los San Pedros y del Grupo Huayacocotla (Edad Rhaeto-Liásica en la Cuenca Huayacocotla-El Alamar), de las formaciones La Joya (Edad Jurásica Media en la Sub-cuenca Chihuahua-Sabinas), Rosario y Cahuassas (Edad Jurásica Media de la Sub-cuenca Tampico-Misantla) y Todos Santos (Edad Jurásica Media en las sub-cuencas Veracruz y Sureste), así como de la sal (Edad Jurásica Media en la Sub-cuenca Sureste). Estos datos y los obtenidos del "caprock" del Challenger Knoll del Golfo de México, en 1971 por Kirkland y Gerhard, han permitido entender el origen y la evolución tectónica del Golfo de México.

Así, es evidente que existe una muy importante discordancia entre las rocas metamórficas e ígneas del basamento y los lechos rojos del Jurásico Medio en las sub-cuencas del Golfo de México y que se continúa sobre las rocas fluvio-lacustres-marinas liásicas de las cuencas de Huayacocotla-El Alamar, Tlaxiaco y Huamuxtlán. Sobre ella, las rocas evaporíticas dan inicio a la secuencia transgresiva tethisiana. Esta información es la base del modelo tectónico de la Unión Triple para el Golfo de México que incluye tres períodos: 1) la formación de la Cuenca Rhaeto-liásica Huayacocotla-El Alamar relacionada con el sistema convergente de la Placa del Pacífico; 2) el origen de la Sub-cuenca Tampico-Misantla durante el Liásico Tardío, debido al desplazamiento hacia el SW de los bloques Huayacocotla y Tlaxiaco a lo largo de las megacizallas Tampico-Lázaro Cárdenas y Teziutlán-Acapulco, y 3) el origen del Golfo de México y de sus sub-cuencas de Chihuahua-Sabinas, Veracruz y Sureste, durante el Jurásico Medio Temprano, como resultado de la Triple Unión que permitió el desplazamiento hacia el NW del Bloque Texas-Luisiana y de la parte occidental de México por medio de las megacizallas Lewis Clarck-Bahamas, Texas-Boquillas-Sabinas y Pico de Orizaba-Laguna Inferior, al permanecer unido el Bloque Chiapas-Yucatán a Sudamérica.

Este modelo permite delimitar nuevas provincias potencialmente productoras de gas y petróleo hacia el centro del Golfo de México. Se trata de la continuidad de las rampas de las sub-cuencas de Chihuahua-Sabinas, Tampico-Misantla y Sureste, ya que estuvieron muy próximas a la unión triple durante la subsidencia de sus márgenes y fueron las primeras en recibir las aguas oceánicas tethisianas donde el fitoplancton marino se desarrolló en condiciones físico-químicas ideales. Además, sus rocas ricas en materia orgánica fueron las primeras en alcanzar la temperatura de generación de petróleo y gas y éstos los primeros en migrar hacia las partes más altas de las rampas.

GET-02

INVERSIÓN DEL ESFUERZO PRINCIPAL MÁXIMO EN LA CURVATURA DE MONTERREY, SIERRA MADRE ORIENTAL, MÉXICO

Cossio-Torres, T.¹, Chávez-Cabello, G.^{1,2} y Peterson-Rodríguez, R.H.¹

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
Apdo. Postal #104, Linares, N.L., 67700, México

² Unidad de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM
Apdo. Postal #1-742, Santiago de Querétaro, Qro., 76001, México

En la parte noreste del Cinturón Plegado y Cabalgado de la Sierra Madre Oriental, dentro de la Curvatura de Monterrey, existen macro y meso-estructuras que evidencian la inversión del paleoesfuerzo principal máximo de una orientación NNE-SSW, durante todo el desarrollo del plegamiento flexural, a una posición cercanamente E-W durante la etapa final de la deformación Laramídica. Lo anterior se documentó en la parte central de la Curvatura de Monterrey, especialmente en los flancos de los pliegues anticlinales de: Los Muertos, San Blas, Clavelillas, El Topo y Santa Cruz. Los resultados del paleoesfuerzo obtenido son comparables a los determinados en la Sierra de Parras Coahuila. Lo anterior implicaría, en primera instancia, que la inversión del paleotensor de esfuerzos no es producto de un efecto local de la deformación dentro de la Curvatura de Monterrey, sino que debió haber existido un pulso de deformación posterior al desarrollo flexural principal del Cinturón Plegado y Cabalgado de la Sierra Madre Oriental en el Noreste de México.

GET-03

MESOESTRUCTURAS UTILIZADAS EN LA RECONSTRUCCIÓN DE PALEOESFUERZOS, QUE DEFINEN LAS CUATRO ETAPAS DEL PLEGAMIENTO FLEXURAL DURANTE EL DESARROLLO DEL ANTICLINORIO DE LA CASITA EN LA SIERRA DE PARRAS

Peterson-Rodríguez, R.H.¹, Cossio-Torres, T.¹, y Chávez-Cabello, G.^{1,2}

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
Apdo. Postal #104, Linares, N.L., 67700, México

² Unidad de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM
Apdo. Postal #1-742, Santiago de Querétaro, Qro., 76001, México

Entender los mecanismos de generación de cada una de las mesoestructuras desarrolladas bajo un modelo de plegamiento flexural, es fundamental en la reconstrucción de paleoesfuerzos. El análisis de mesoestructuras en el Anticlinorio de La Casita en la Sierra de Parras, permitió entender la evolución de dicho Anticlinorio e identificar las cuatro etapas que definen a un plegamiento flexural característico de los Cinturones Plegados y Cabalgados a nivel mundial. Las estilolitas tectónicas 1a, representan a la primer etapa denominada "Acortamiento pre-flexura". Las juntas de cizalla dispuestas sobre planos de estratificación denominadas hk0 con ángulo agudo al eje a y fallas inversas desplazando estratos horizontales, representan a la segunda etapa denominada "Inicio del plegamiento". La cizalla paralela a la estratificación, el desarrollo de fallas de rumbo retomando planos de

fracturas pre-existentes, fallas normales en las zonas de charnela de los macropliegues y un fracturamiento hidráulico, dan evidencia de la tercer etapa llamada “Desarrollo finito del pliegue”, y por último, el desarrollo de fallas inversas localizadas en los flancos inversos de los pliegues que cortan perpendicularmente a la estratificación en posición vertical, arreglos en escalón dispuestos perpendicularmente a la estratificación vertical y un intenso boudinage, testifican a la cuarta etapa nombrada “Acortamiento post-flexura”. Las mesoestructuras que definen a estas cuatro etapas, se desarrollaron bajo una deformación progresiva, durante la Orogenia Laramídica.

GET-04

EL MESOZOICO EN LAS ÁREAS DE “LA BALLENA-PEÑÓN BLANCO”, CERROS DE “LA TINAJA-LA PINTA”, “PICO DE TEYRA” Y “CAOPAS-EL RODEO”, ZACATECAS: TRIÁSICO-JURÁSICO-CRETÁCICO, DESCRIPCIÓN SEDIMENTOLÓGICA, ESTRATIGRÁFICA Y TECTÓNICA

Jesús Nájera-Garza, José de Jesús Parga-Pérez y José Gumaro Ortiz-Valdez

Unidad Académica de Ingeniería de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad Autónoma de Zacatecas

Esta investigación geológica, que está en proceso de realización, con el propósito de indagar las relaciones tectónicas, entre las diversas unidades litológicas presentes en la región; se considera de sumo interés geológico-minero e hidrogeológico regional, por su trascendencia, en el futuro, en el enfoque de las exploraciones, con fines socio-económicos; que impactarán, en el desarrollo de todo la región semidesértica, de los Estados de Zacatecas y San Luis Potosí.

Aquí se considera, preliminarmente, que las unidades litológicas del área en cuestión, NO corresponden a las que, en los últimos años, se han venido refiriendo, múltiples investigadores; respecto a su status sedimentológico, stratigráfico y, mucho menos, tectónico. Veamos el meollo del tema:

El denominado basamento triásico regional, es el que aflora en el norte del Edo. de Zac.; es decir, el Esquisto Caopas y sobre dicho basamento, yacen las Fms. Nazas, Zuloaga, la Caja, Cupido, Cuesta del Cura, Indidura y Caracol; estas últimas dos, están cubiertas por material aluvial y eluvial cuaternario.

La Fm. Indidura es la que se considera constituir el acuífero somero, que actualmente está utilizándose, en los nuevos predios abiertos a la agricultura, en las áreas adyacentes a la zona de esta investigación; posiblemente, surtida por aguas subterráneas, de circulación más profunda, que fluye a través de las Fms. Cuesta del Cura, Cupido y Zuloaga.

En la excursión al Cerro de “La Pinta o de la Calera”, el 31 de Marzo, 2001, se constataron los afloramientos de las Fms. Nazas, Zuloaga, La Caja, etc.; con echados hacia el sur de 300-400, además, en algunos sitios los estratos lutíticos o de calizas delgadas, están muy deformados, como si fueran pliegues “ptigmáticos” {¿alteración por intrusión de la “Roca Verde” = propilita o espilita?}.

Lo más importante fue localizar a la (Ki-Valanginiano, Fm. Chilitos?) “Roca Verde&”, espilita o propilita, bajo (¿intrusionando?), la Fm. Nazas del Triásico; muy intemperizada, visible en el arroyuelo que se inicia en el puerto topográfico, localizado entre los cerros donde se explotan las calizas. Esta situación, de corroborarse FEHACIENTEMENTE, podría ser evidencia bien fundamentada, para demostrar que las “Rocas Verdes”, están intrusionando a las rocas triásicas de la Fm. Nazas; lo que induciría a deducir que el denominado “Terreno Guerrero”, es un conjunto de rocas LOCALES y no “TRANSLADADAS POR UN CONSIDERABLE TRANSPORTE TECTÓNICO”.

Otro dato interesante lo constituye (López Infanzón, 1993), el pozo de exploración de PEMEX, en la región de Tapona, al NW de Charcas, S.L.P.; que se reporta perforó una sección de 4,600 m de metasedimentos triásicos.

Esta secuencia metasedimentaria ha sido correlacionada con los Esquistos Caopas (Fries y Rincón-Orta, 1965), y la Fm. Rodeo (Tristán y Torres, 1992) del N del Edo.; y hacia la región de Peñón Blanco, S.L.P.-Zac., la Fm. Ballena, del Triásico-con amonoides, yace en contacto discordante, NO Tectónico, BAJO los estratos rojos de la Fm. Nazas (“Terreno Sierra Madre”).

Por lo antes mencionado, ¿podría considerarse a esta secuencia metasedimentaria del Triásico, como el basamento regional nor-central de México, y no como un conjunto litológico “acrecionado”, como afirman algunos especialistas en tectónica continental?.

En La Ballena, Mpio. de Villa Hidalgo, Zac., al NE del poblado, la Fm. Zuloaga, de calizas, en estratos delgados y medianos, con capas de lutitas parcialmente filitizadas y esquistosas; aparece sobre la Fm. Ballena del Triásico-con amonoides. En el área de la Mina Real de Ángeles, Mpio., Villa de Ángeles, Zac., los estratos de calizas, son semejantes a los de la descripción de la Fm. Cuesta del Cura, del Cretácico inferior (Kicc), de la Carta APIZOLAYA, del norte del Edo. de Zac., (Córdoba, 1963).

Se podría considerar, que estas hipótesis tendrían influencia muy importante, en el enfoque de las exploraciones geológico-minera e hidrogeológica regional (agua subterránea disponible, en cantidad y calidad), y quizá, también petrolera, para el desarrollo social y económico, en toda la región semidesértica, de esta parte del País; si esta investigación interdisciplinaria, al llegar a su término, lograra obtener conclusiones de aplicación práctica real, en esta área y en otras similares, en el resto del territorio nacional.

GET-05

TECTÓNICA DISYUNTIVA EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL DURANTE EL PALEÓGENO SUPERIOR Y EL NEOGENO

Alfredo Cervantes Sánchez

Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias,
Universidad Autónoma de Tamaulipas

La sierra Madre Oriental (SMO) ha sido afectada por diversos sistemas disyuntivos durante su desarrollo evolutivo. En la etapa neotectónica se pueden diferenciar en el relieve tres sistemas principales de fallas: 1) normal longitudinal, 2) normal transversal, y 3) de cizalla transversal. El primero y mas antiguo tiene una dirección NW-SE paralela a las principales divisorias. Este sistema

ha venido actuando desde el mesozoico hasta el cenozoico. La información microtectónica permite establecer que dicho sistema, al menos en la falla frontal Tamaulipas, ha sido sometido al accionar de diferentes campos de esfuerzos durante su evolución, lo cual dio origen a una inversión tectónica de tipo compresión-tensión. El segundo sistema surge y se desarrolla durante el paleógeno superior y el neógeno. Tiene una orientación NE-SW y junto con el primer sistema le da a la sierra una estructura en bloques de tipo tafrogénico. El sistema de cizalla transversal tiene un orientación variable de latitudinal a NE-SW, lo mas probable es que se origine durante el neógeno, ya que afecta y desplaza las divisorias principales del edificio montañoso. La génesis de las estructuras transversales probablemente este asociada con los campos de esfuerzos que dieron lugar al Cinturón Volcánico Transcontinental Mexicano. El volcanismo de traps de tipo toleitico en la sierra y en la zona de transición con la planicie costera evidencia el carácter profundo de estos sistemas. Las fallas normales y las zonas de denudación laminar permiten distinguir una estructura externa en arco-bloque, asociada con pliegues de basamento de gran radio de curvatura ocasionados probablemente por anomalías isostáticas.

GET-06

LA OROGENIA LARAMIDE?: UN EVENTO DE LEVANTAMIENTO, DE DEPOSITO Y MAGMATISMO EN SONORA NORTE CENTRAL

Rodríguez-Castañeda, J.L.¹, García y Barragán, J.C.¹ y Anderson, T.H.²

¹ Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM Apdo. Postal #1039, Hermosillo, 83000, Son., México

E-mail: jlrod@servidor.unam.mx

² Department of Geology and Planetary Sciences, University of Pittsburgh
Pittsburgh, PA., 15260, USA

En la mayor parte del siglo XX la Orogenia Laramide en Sonora ha sido reconocida como el evento causante de la deformación que presentan particularmente las rocas del Grupo Bisbee del Jurásico Tardío-Cretácico Temprano, donde compresión (plegamiento y cabalgamiento) es la característica que se ha reportado al través de los años. También, esta orogenia se ha ligado a la evolución de la placa Farallón en el intervalo 75 a 40 Ma.

Estudios estructurales recientes han documentado sobre todo extensión mesozoica y terciaria en la región de Banámichi-San Antonio. Las evidencias principales son discordancias angulares y fallamiento normal que ponen rocas jóvenes encima de rocas más antiguas. La evolución del área de estudio parece haber comenzado al menos desde el Jurásico Temprano con el desarrollo de un arco magmático tanto continental como marino. La extensión presente en este tiempo se relaciona con la intrusión de los plutones jurásicos. Para el Jurásico Tardío se desarrollaron lineamientos estructurales orientados al noroeste que dan lugar a la formación de cuencas, entre las que destacan las cuencas San Antonio-Banámichi y Bisbee. Estos lineamientos delimitan a lo que se le ha llamado el Alto de Cananea que controló la evolución estructural del área hasta el Terciario. Los sedimentos agrupados en el Grupo Bisbee representan y contienen el registro de una fase de extensión temprana que se asocia con la apertura del Golfo de México. A finales del Cretácico Temprano ocurre otra fase de depósito que por sus características (deslizamientos, derrumbes, flujo de detritos) se puede considerar sedimentación de flujos de sedimentos por

gravedad y/o deslizamientos de masa por gravedad dentro de una cuenca limitada por fallas. En el Cretácico Tardío se inicia el depósito de la Formación El Tuli, una secuencia volcanosedimentaria de aproximadamente 10 km. De aproximadamente 97 Ma hasta al menos 55 Ma puede ser el tiempo de evolución que se propone para la Formación El Tuli.

Un incremento en el tectonismo durante el Albiano-Cenomaniano reflejado en la deformación registrada en las rocas del Cretácico Temprano parece ser resultado de un cambio importante en el movimiento entre las placas Farallón y Norteamericana, es decir, la convergencia era oblicua durante el Aptiano-Albiano, mientras que en la transición Albiano-Cenomaniano la convergencia fue normal dando lugar al inicio de un arco magmático durante el Cretácico Tardío. Los periodos de subducción son seguidos por cambios en la deformación regional, es decir, de una contracción normal a la trinchera a una extensión normal a la trinchera con la formación de batolitos. El emplazamiento muy amplio de magma (99-36 Ma) junto con una acumulación de sedimentos de magnitudes importantes, produce inestabilidad gravitacional que conduce a extensión a niveles corticales superiores y quizás contracción a niveles más bajos dentro de la corteza.

La identificación de levantamientos cretácicos en Sonora cambia la percepción de la evolución tectónica y termal, y permite reevaluar la interpretación de la extensión terciaria basada en la presunción de que todas las fallas normales sean de edad Terciaria y también que todas las fallas de bajo ángulo en la región sean cabalgaduras.

GET-07

EL SINCLINORIO DE ZACANGO, UN PLEGUE DEFORMADO EN DOS FASES EN LA PLATAFORMA GUERRERO-MORELOS

Elisa Fitz Díaz¹ y Ma. Fernanda Campa Uranga²

¹ Instituto de Geología, UNAM

² Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, UAG

El Sinclinorio de Zacango es una estructura regional desarrollada en la Plataforma Guerrero-Morelos, en la cual se observan dos fases de deformación sobrepuestas: la primera fase afecta a rocas marinas cretácicas, y se le asigna una edad Cretácico superior-Paleoceno(?); la segunda deforma a capas continentales de edad eocénica que se encuentran en el núcleo del pliegue, y a las ignimbritas ácidas de edad oligocénica, que cubren la terminación periclinial Norte de la estructura. Esta segunda fase es de posible edad miocénica.

El Sinclinorio de Zacango se encuentra en el extremo oriental-central de la Plataforma Guerrero-Morelos, cuyo límite oriental es la Cabalgadura de Papalutla, la cual sobrepone a cuarcitas y filitas paleozoicas de la Formación Cosoltepec sobre calizas de la Fm. Morelos y con capas rojas de la Fm. Zicapa. La Cabalgadura de Papalutla, al igual que el Sinclinorio de Zacango, tiene un rumbo general NE-SW, no obstante, mientras la Cabalgadura de Papalutla tiene vergencia al NW, el Sinclinorio de Zacango tiene vergencia al SE. El análisis de datos de foliación y de planos axiales, tomados en el frente de la cabalgadura y en ambos flancos del sinclinorio, respectivamente, muestra un campo de esfuerzos similar, por lo cual ambas estructuras pudieron haber sido sincrónicas producto de la primera fase de deformación.

Tres sistemas de fallas regionales limitan al Sinclinatorio de Zacango. En la parte Sur, este pliegue es truncado por el Sistema Iguala, con rumbo general NW-SE. Por otro lado, los flancos del Sinclinatorio de Zacango están cortados por los Sistemas Tuzantlán y Apango-Copalillo, con rumbo NE-SW, de edad miocénica. Estos sistemas corresponden a fallas compuestas laterales-normales, y sugieren que la deformación de tipo compresivo de las capas rojas en el núcleo de este pliegue, pudo haber sucedido en una zona transpresiva relacionada con estos dos sistemas de fallas.

Un modelo de evolución del Sinclinatorio de Zacango podría ser el siguiente: 1) formación de la columna sedimentaria cretácica de la Plataforma Guerrero-Morelos; 2) deformación por plegamiento de esta columna a finales del Cretácico y principios del Terciario, se forma inicialmente el Sinclinatorio de Zacango y la Cabalgadura de Papalutla; 3) erosión parcial y acumulación de sedimentos continentales en el núcleo de este pliegue durante el Eoceno(?); posteriormente, en el Oligoceno, estas rocas son cubiertas por ignimbritas de composición ácida; 4) antes del Mioceno, el pliegue fue roto en la parte Sur por el Sistema Iguala; 5) en el Mioceno, los sistemas Tuzantlán y Apango-Copalillo forman zonas transpresivas y transtensivas, una de las zonas transpresivas incluye al Sinclinatorio de Zacango, y como consecuencia se pliegan las capas rojas terciarias en la nariz del pliegue.

GET-08

RESULTADOS PRELIMINARES DE GRAVIMETRÍA Y MAGNETOMETRÍA EN LA ZONA DE SUTURA ENTRE DOS TERRENOS TECTONOESTRATIGRAFICOS EN CENTRALES DE OAXACA

Belmonte-Jiménez S.I.^{1,2}, Campos-Enriquez J.O.², Aragón-Sulik M.¹, Bautista-Belmonte A.¹ y Navarro-Mendoza S.

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

² Instituto de Geofísica, UNAM

La geología en la entidad Oaxaqueña es una de las más complejas del País, debido a los diferentes eventos tectónicos superpuestos que existen en su territorio (Carfantan, 1981), manifestándose en diversas unidades litológicas que afloran. En este estado ubicado al sur de México, se han reconocido sectores de la corteza continental cuyo basamento cristalino expresa diferentes condiciones de formación. Los límites de tales sectores corresponden a discontinuidades estructurales mayores, de esta manera fueron postulados la existencia de los terrenos tectonoestratigráficos Xolapa (Chatino), Mixteco, Oaxaca (Zapoteco), y Juárez (Cuicateco) (Campa y Coney, 1983) y redefinidos por Sedlock, *et al.* (1993).

Estos terrenos tectonoestratigráficos presentan diversos patrones de discontinuidades antes y durante del Cenozoico como en el sector Valle de Oaxaca-Miahuatlán que se emplazó en el límite entre los terrenos Oaxaca y Juárez que lo circundan al norte. Se considera a la falla Oaxaca como el límite entre los dos Terrenos antes mencionados y representa la zona de sutura entre ambos actuando como una falla maestra.

Se han realizado estudios de gravimetría y magnetometría para caracterizar la zona de sutura entre los terrenos tectonoestratigráficos Zapoteco y Cuicateco, determinando los principales lineamientos estructurales y estimando la profundidad a la cima del basamento utilizando la Deconvolución de Euler. La modelación de perfiles permitió interpretar que los Valles de Etlá y Zaachila se asocian a una fosa de origen tectónico, donde el basamento corresponde al Complejo Oaxaqueño que aflora al norte de la ciudad de Oaxaca.

GET-09

DEFORMACIÓN COMPLEJA DE EDAD PALEOCENO-EOCENO EN GUERRERO ORIENTAL Y SU POSIBLE RELACIÓN CON LA ACTIVACIÓN DE LA FRONTERA CARIBE-NORTEAMÉRICA

Luca Ferrari¹ y Mariano Cerca²

¹ Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, Campus Juriquilla, UNAM

E-mail: luca@unicit.unam.mx

² Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNICIT, Campus Juriquilla, UNAM

Las investigaciones que hemos llevado a cabo recientemente en la parte oriental de la plataforma Guerrero-Morelos indican que existen importantes deformaciones de tipo torsional y de cizalla simple superpuestas a la tectónica esencialmente cilíndrica de edad Laramídica. En el cuadrante NE de la región estudiada la evidencia mayor de este tipo la representa la Falla de Papalutla y las estructuras compresivas asociadas a esta última (véase Cerca y Ferrari, este volumen, para los detalles) que involucran a rocas con edades de hasta 38 Ma. Esta deformación se manifiesta esencialmente con pliegues de orientación de NNE a NE y replegamientos/rompimientos de estructuras laramídicas, todo con vergencia al WNW. Casi de manera especular, en el cuadrante SW de la región estudiada, los pliegues Laramídicos de dirección N-S se encuentran replegados y rotos por fenómenos de arrastre relacionados con zonas de cizallas izquierda que constituyen el límite con el complejo Xolapa. Estas últimas son anteriores al plutón de Tierra Colorada, fechado en 34 Ma. En este caso la vergencia de los replegamientos es hacia el ENE. La edad de las rocas involucradas parecen indicar que todas las estructuras mencionadas se desarrollaron durante una sola fase de deformación progresiva anterior al final del Eoceno y posterior a la orogénea Laramide. A nivel regional las estructuras del Terciario inferior parecen definir un campo deformativo tridimensional caracterizado por trayectorias subcircular de la dirección de deformación máxima. Dicha deformación puede explicarse como el resultado de una rotación de bloque(s), en sentido contrario a las manecillas del reloj, alrededor de un eje sub-vertical.

La edad y la cinemática de la deformación sugieren que esta última podría relacionarse con el movimiento temprano hacia el este-sureste de la placa del Caribe (Bloque Chortis) y, particularmente, con la formación de la zona de cizalla izquierda con deformación dúctil que limita al norte el complejo Xolapa. Esta última tiene evidencias de un movimiento con componente tanto lateral izquierdo como vertical (detachment). Análogamente la deformación que observamos en la parte oriental de la plataforma Guerrero-Morelos indica movimientos compatible con una cizalla izquierda con una componente vertical. Sin embargo nuestro estudio indicaría que el movimiento temprano de la placa del Caribe se

desarrollaría a través de una zona de deformación por cizalla que se extiende por lo menos 150 km al norte del límite de placa. Especulamos que el inicio del movimiento hacia el ESE de la placa Caribe durante el Paleoceno-Eoceno se haya desarrollado a través de un límite de placa difuso con movimientos transtensivos y transpresivos izquierdos, consistentes con la deformación dúctil de la misma fecha observada en el complejo Xolapa, y que posteriormente la deformación se haya concentrado a lo largo de un límite de placa más lineal. En este marco, la deformación observada en el área de estudio puede explicarse como el movimiento de bloques semi-rígidos de la corteza frágil flotando por encima del flujo lateral de la corteza inferior dúctil.

GET-10

EDAD Y CINEMÁTICA DE LA DEFORMACIÓN ASOCIADA A LA FALLA DE PAPALUTLA, GRO.

Mariano Cerca¹, Luca Ferrari² y Margarita López-Martínez³

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNICIT, Campus UNAM, Juriquilla

² Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra, Campus UNAM, Juriquilla

³ Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Presentamos resultados preliminares del estudio tectónico de la deformación relacionada a la Falla de Papalutla (FP) que tienen implicaciones importantes para entender la evolución geológica del sur de México. La FP es una estructura que marca un cambio abrupto en litología y edad entre las rocas cretácicas de la Plataforma Guerrero Morelos y paleozoicas del Complejo Acatlán (CA) y había sido definida como una cabalgadura con una dirección general NNE-SSO. Como resultado de nuestro estudio documentamos que la FP es una falla inversa solo en su tramo central donde el CA cabalga a calizas de la Formación Morelos a lo largo de un plano con rumbo general E-NE y una inclinación hacia el SE menor a 30°. La dirección de transporte no es evidente por lo que la estructura podría tener una componente lateral significativa. La cabalgadura aflora continuamente desde Chila de Las Juntas hasta el poblado de Papalutla a lo largo del Río Atoyac-Mezcala. Al sur y al norte de estos puntos la cabalgadura pierde su expresión en superficie observándose anticlinorios volcados al NO con rumbo N 45° E. En los anticlinorios el CA subyace a la formación Zicapa y esta a la formación Morelos. Ambas se encuentran fuertemente inclinadas hacia el NO.

Hacia el frente poniente de la FP se observa una amplia franja de deformación (aproximadamente 60 km) paralela al rumbo general NE de los anticlinorios, la cual afecta tanto a estructuras laramídicas de dirección N-S como al relleno de cuencas vulcanosedimentarias del Terciario. Esta deformación interfiere de forma compleja con las estructuras laramídicas rotando los ejes verticales de pliegues y cabalgaduras y volcándolos hacia el poniente. Ejemplos de esta interferencia pueden observarse en el anticlinorio de San Juan de Las Joyas donde se observan pliegues volcados al SW y rotación de las estructuras en sentido contrario a las manecillas del reloj. El anticlinorio de Atenango del Río, presenta evidencias de ruptura del eje vertical consistentes con un sentido de transporte de la deformación hacia el NW.

Las cuencas vulcanosedimentarias del Terciario de Copalillo-Zopiloteitlan y Tuliman-Tuzantlan presentan un relleno formado por lechos rojos, intercalados con volcánicos subyaciendo en discordancia angular a una secuencia vulcanolacustre que incluye

ignimbritas, tobas y yesos. El plegamiento se observa en toda la secuencia y es compatible con un acortamiento de rumbo NW, pero es más intenso en los lechos rojos (Fm. Balsas). Una muestra de ignimbrita de la secuencia superior arrojó una edad 40Ar-39Ar de 38 ± 0.5 Ma, misma que se considera marcar el final de la deformación asociada a la FP.

El reconocimiento de un episodio de deformación de edad Eoceno relacionado con la FP y coincidente con el paso del Punto triple Norteamérica-Cocos-Caribe al sur de la zona manifiesta la importancia de este último evento sobre la tectónica del sur de México.

GET-11

ELECTRON PARAMAGNETIC RESONANCE IN RESEARCH OF TECTONIC PROCESSES

M. Kakazey, R.J. Romero-Dominguez, J.G. Gonzalez-Rodriguez, G. Burlak and M. Vlasova
Autonomous University of Morelos, UAEM, CIICAp

We consider the advantages on the use of electronic paramagnetic resonance (EPR) as a method to study the nature of tectonic faults. The experimental observation of the change of EPR signals in solids subject to a critical mechanical load that result in their destruction (compression up to $P=10$ GPa, crushing etc.) is the basis of this contribution. The dependence of the shape of the EPR-signal on the conditions that lead to its destruction shows that the paramagnetic states may play the role of a probe on the actual process. The real destruction process is accompanying by a formation of defects of various types in the destruction zone. These defects influence the EPR-signals shape arising from the paramagnetic centers, already existing in the environment on destruction. In addition, some of the defects formed at the destruction may demonstrate the paramagnetic properties, such as the color centers. In turn, the new-formed defects are exposed to the influence of the various power sources accompanying the process of destruction (for instance, the ionizing radiation, the thermal effects etc.). The reorganization of newformed defective structure depends both on the intensity and duration of such an influence. Such updating has a local character. Thus, in-depth study both qualitative and quantitative characteristics of the EPR-spectra of the samples which are taken from the various breaks places, may provide the useful information for modeling the real processes acting at formation of faults of the Earth's crust.

GET-12

APATITE FISSION TRACK AGES FROM BAJA CALIFORNIA PENINSULA AND SONORA: HETEROGENEOUS COOLING HISTORY OF CRETACEOUS GRANITES

Thierry Calmus¹, Erika Labrin² and Jaime Roldán-Quintana¹
¹ Instituto de Geología, Estación Regional del Noroeste, UNAM
Hermosillo, Son. México

² Laboratoire de Géologie des Chaînes Alpines, Université Joseph Fourier, Grenoble, France

New apatite fission track (AFT) data from Baja California Peninsula and Sonora shed light on the cooling and tectonic history of Cretaceous intrusive rocks in both regions. In the peninsula, if we except the Los Cabos block where some crystalline rocks

experimented rapid Mid-Upper Miocene tectonic exhumation related to the activity of the San José del Cabo fault (Fletcher *et al.* 2000), several samples indicate relatively rapid cooling after emplacement during Late Cretaceous and Paleogene. It is the case of granitic rocks located northwest of Loreto, from the Concepción Peninsula and Cataviña area, and finally from the northeastern part of the Sierra San Pedro Martir with AFT ranging between 74.4 ± 3.8 and 57.2 ± 2.2 Ma. The youngest AFT ages that we obtained from the Peninsula are: 25.9 ± 2.2 Ma for the granitic basement of the western margin of the ocean basin located between the tip of the peninsula and the Tres Marias escarpment (ODP, Leg 64, site 476); 24.7 ± 2.6 Ma for the Cretaceous granite cropping out between Loreto and Bahía Concepción, west of Cerro Mencionares; and 44.1 ± 3.6 Ma for the granite of Agua Amarga, near Bahía de Los Angeles. These results and track length distributions suggest that exhumation and cooling of Cretaceous basement along the Baja California Peninsula are older than the opening of the Gulf of California.

AFT ages of samples from Sonora along an E-W transect between the Gulf of California and Maycoba in the Sierra Madre Occidental range between 32.7 ± 1.6 and 16.2 ± 1.1 Ma, which suggest that denudation of intrusive rocks is mainly related to the Oligo-Miocene extension. Inside the same pluton of Potrero de Galindo (central Sonora) two different AFT ages (23.9 ± 0.7 Ma to the west and 18.4 ± 0.7 Ma in the central part) indicate a possible tilting of the pluton to the east. Except local variations of AFT ages as above-mentioned, AFT ages are progressively younger from east to west along the transect. This evolution may be related to a migration of the Basin and Range extension from east to west in Sonora, as well as volcanism. Nevertheless this section do not yield AFT ages of Late Miocene as we obtained in previous works along the coast of Sonora, or in the Hermosillo area.

GET-13

DISTRIBUCIÓN DE LONGITUDES Y DENSIDAD DE FRACTURAS EN EL GRANITO LAS CRUCES, LA PAZ, B.C.S.

Angel Francisco Nieto-Samaniego¹, Susana A. Alaniz-Alvarez¹, Shunshan Xu¹, Gustavo Tolson², Klavdia Oleschko² y Antonio Pérez-Venzor³

¹ Instituto de Geología, UNICIT, UNAM
Apdo. Postal 1-742, Querétaro, Qro., 76001, México

² Instituto de Geología, UNAM
Apdo. Postal 70-296, México, D.F., 04510, México

³ Depto. de Geología Marina, UABCS
Apdo. Postal 19-B, La Paz, B.C.S., 23080, México

En este trabajo presentamos los primeros resultados del estudio realizado en las fracturas observadas en el granito Las Cruces, el cual aflora al oriente de La Paz, BCS. Este granito es afectado por la Falla de Los Planes, la cual es una falla de tipo normal que presenta el desarrollo de un intenso fracturamiento y una franja de pseudotaquilitas. El estudio se realizó por medio de fotografías tomadas con una cámara fotográfica convencional, usando longitudes de los campos visuales horizontales de 104, 103 y 102 mm. Los parámetros analizados fueron: la longitud total de fractura ($L = \sum L_i$), la intensidad de fractura ($I = \sum L_i / A$), la densidad de fractura [$D = (1/A) \sum (L_i / 2)$] y el exponente de la longitud de fractura acumulada (C). Observamos que L, I y C guardan una relación de potencia. Debido al efecto del área L e I muestran variaciones, con

exponentes de ca. 0.6 y -0.4 respectivamente. Sin embargo, para cada escala, hay una gran dispersión de I, reflejando que existen diferentes grados de fracturamiento. El parámetro D elimina el efecto del área, observándose que sus valores permanecen constantes dentro de tres órdenes de magnitud, lo que interpretamos como indicativo de independencia de escala. También se observa que D permanece < 3 aún para las muestras más fracturadas, sugiriendo que existe un límite máximo en la densidad de fractura. La longitud de fractura se analizó con tres métodos distintos: la longitud acumulada de las trazas de fracturas muestra valores de C que se aproximan a -1.87; usando conteo de cajas se obtuvo un valor de ca. -1.86 y usando imágenes filtradas por el método de dimensión fractal local se obtuvo -1.85. Nuestros datos indican que la densidad de fractura tiene un límite máximo, que la distribución de longitudes de fractura es autosimilar y que el conteo de cajas sobre trazas de fracturas recupera adecuadamente las distribuciones de longitudes.

GET-14

ESTUDIO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DEL INTRUSIVO "CERRO MERCADO", PROVINCIA ALCALINA ORIENTAL MEXICANA

Porrás-Vázquez, M.A.¹, Chávez-Cabello, G.^{1,2}, Tovar-Cortés, J.A.¹, Valdez-Reyes, M.A.¹, Cano-González, A.¹, y Terrazas-Calderón, G.D.¹

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL
Apdo. Postal #104, Linares, N.L., 67700, México

² Unidad de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM
Apdo. Postal #1-742, Santiago de Querétaro, Qro., 76001, México

Estudios estructurales sobre las rocas encajonantes de los cuerpos intrusivos existentes dentro de la Provincia Alcalina Oriental Mexicana (PAOM) no han sido realizados. Aquí se presentan resultados del análisis estructural realizado sobre las rocas encajonantes y el borde del intrusivo del Cerro Mercado, localizado dentro del Cinturón Candela Monclova (CCM). Lo anterior se efectuó debido a la identificación de una serie de fallas periféricas en la porción oriental de este cuerpo. El interés de trabajar este tipo de fallas y un sinnúmero de mesoestructuras observadas, es con el objetivo de separar la relación genética de estas, es decir si su origen se debe a procesos de transferencia de materiales durante el emplazamiento del cuerpo magmático, o fueron desarrolladas durante el evento de deformación regional que originó al Cinturón Plegado de Coahuila (CPC). La deformación regional sugiere que un evento transpresivo, quizás de edad Laramídica (Terciario inferior), generó los plegamientos y disparó diapirismo sobre los núcleos de las estructuras anticlinales presentes en el CPC. El interés de estudiar las fallas presentes en la periferia de los cuerpos intrusivos y sobre las zonas de culminación de ejes de pliegues regionales, es también con el objetivo de determinar la relación temporal entre los emplazamientos magmáticos y la deformación regional, con lo cual se podría fechar el evento de deformación regional. Para el caso del intrusivo del Cerro Mercado, las fallas periféricas están asociadas al emplazamiento, debido a la orientación sistemática que guarda el esfuerzo principal máximo con respecto al contacto intrusivo-roca encajonante. Sin embargo, zonas de cizalla con deformación milonítica han sido identificadas dentro del cuerpo intrusivo, lo cual sugiere deformación no asociada al emplazamiento. Estas zonas de cizalla deben ser caracterizadas en detalle para determinar su origen.

THE DISTRIBUTION OF FAULT SIZE AND TOTAL FINITE STRAIN DERIVED FROM SMALL FAULTS IN THE SIERRA DE SAN MIGUELITO, MEXICO

Xu S.-S., Nieto-Samaniego A.F. and Alaniz-Álvarez S.A.
Instituto de Geología, Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra, UNAM

Apdo. Postal #1-742, Querétaro, Qro., 76001, México

A fractal is a shape made of parts similar the whole in some way. This emphasizes the relationship between fractal and self-similarity, i.e. scale invariance. It is evident that in the nature a fractal distribution is the only statistical distribution that is scale invariant excepting exact mathematical models.

Generally, it is assumed a fault with minor displacement produces a small strain, so the total strain due to all small faults usually is negligible. But we can not test this assumption, because it is imposible to measure completely the great number of small faults that may exist in a specific region. Scholz and Cowie (1990) proposed that if a relationship between displacement and fault trace length can be established for a population of faults in a deformed region, the total brittle strain can be calculated when only the length, or the displacement, distribution of faults is known. In addition to the strain, scaling relationship has been also used to predict the relative numbers, the spatial distribution.

The Sierra de San Miguelito is relatively tumescent area and is constituted by a large amount of silicic volcanic rocks from middle to late Cenozoic. The faults in San Miguelito are characted by domino normal fault with nearly parallel strike of fault. We can draw following conclusion after studying its distribution of fault size:

(1). The distribution of fault size obeys power-law distribution. The box-dimension (1.39) is close to the exponent of fault length distribution (1.46), which indicate the box-counting technique is valid for estimating exponent of fault length distribution in our studied area. The exponent of fault displacement distribution is 0.687. This value is similar to previous results obtained by many workers;

(2). The displacement-length relationship for faults like San Miguelito is not linear. This may be due to non-homogeneous rocks like volcanic domes;

(3). The strain due to small faults is 45% of the strain due to all faults in our studied region. Our result is similar to the value for vertical shear model. It expresses deformation of domino fault is mainly due to vertical shear with small rigid-body rotation.

Reference

- Scholz, C.H. and Cowie, P.A. 1990. Determination of geologic strain from faulting using slip measurement. *Nature* 346, 837-839.
- Mandelbrot, B.B., 1986. Self-affine fractal sets, in *Fractals in Physics*, eds. Pietronero L. and Tosatti E., Elsevier Sci. Publ. B.V.

TIMING OF MULTIEPISODIC DEFORMATION BASED ON THE STUDY OF CONTINENTAL CLASTIC DEPOSITS AND VOLCANIC ROCKS, EAST-CENTRAL CHIHUAHUA, MÉXICO

José Jorge Aranda-Gómez¹, Todd B. Housh², James F. Luhr³,
Tim Becker⁴, Gregorio Solorio Munguía¹ and Enrique
Martínez⁵

¹ UNICIT, Instituto de Geología, UNAM

² University of Texas at Austin

³ Smithsonian Institution

⁴ Berkeley Geochronology Center

⁵ Instituto de Geología, UNAM

Reconnaissance work around the Plio-Pleistocene Camargo Volcanic Field (CVF) has shown the existence of isolated outcrops of gravel and/or sand deposits. Lithologies of these continental units are quite variable, ranging from nearly oligomictic calcareous gravel and sand to polimictic gravelly sand deposits formed mainly by volcanic clasts. Contact relations with rocks of the 40-31 Ma Agua de Mayo Volcanic Group (AMVG: K-Ar, Smith, 1993), Eocene and Miocene andesitic sills, and the lavas of the CVF can be used to establish their relative position in a composite stratigraphic sequence and to bracket their absolute age. The oldest clastic deposit occurs as a belt, ~5 km wide parallel to the eastern flank of Sierra Las Pampas. Exposure in this area is very poor as the surface of these gently rolling hills is covered by float derived from the gravel deposit. The shallow drainage system developed in the gravel is not deep enough to show the nature of the sequence. Road cuts along the Camargo-Ojinaga road, east of Cerro El Jabali, show that the gravel deposit is mostly formed by clasts derived from the nearby Mesozoic limestone ranges and by very rare fragments of granite, mylonite (?) and volcanic rocks. The sequence is massive to distinctly bedded and has a SW dip that varies from 40 to 70°. Road cuts extend over a distance of ~1200 m and neither the base nor the top of the unit is exposed. Therefore, total thickness of the sequence is unknown, but exceeds 1000 m. Grain size and angularity of the fragments increase to the west, where Mesozoic limestone crops out. Likewise, crystalline basement fragments (granite and mylonite?) and clasts of limestone with slickensides are more common in that direction where the deposit tends to be massive. Layering improves to the east and sand content increases, either as matrix or in separate beds. Cross bedding and clast imbrication indicate eastward transport direction. We dated an andesitic sill (⁴⁰Ar/³⁹Ar = 45.82 ± 0.08 Ma, hbl), which indicates that the minimum age of the gravel is Eocene. The structural attitude of bedding is consistent with a rollover fold, suggesting that accumulation of the clastic sequence and emplacement of the sill was synchronous with tectonic activity and predated the onset of voluminous volcanism in the area represented by the AMVG. Palynological study of two samples collected in medium to coarse sand layers, shows an assemblage with dominance of *Quercus*, *Pinus*, and *Carya*. These are wind-pollinated plants that occur throughout the Tertiary of Mexico, forming plant communities 1000 to 3000 m.a.s.l. One of the samples also contains fresh-water algae of the genus *Botryococcus*, taxa that form blooms, mostly in eutrophic and hard-water lakes. Near the base of the Aguachile syncline occurs a polymictic, medium- to coarse-grained, poorly sorted, yellow sand sequence. This is partially covered by talus deposits derived from the overlying units, which include a porphyritic andesite lava series (K-Ar: ~32 Ma) and a felsic ash-

flow tuff (K-Ar: ~ 31 Ma, Smith, 1993). West of the northern end of the Aguachile syncline is exposed a similar clastic deposit that is intruded by an andesitic sill ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar} = 13.97 \pm 0.08$ Ma). Sill and sand were folded and faulted during the interval between intrusion of the sill and formation of the CVF ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar} < 4.69 \pm 0.06$ Ma). Deformation is attributed to re-activation of a basement fault during a pulse of Miocene extension. In several localities along the edges of the lava plateau and in fault scarps in the central graben of the CVF, an oligomictic gravel and sand deposit made of limestone, volcanic clasts derived from the AMVG, and petrified wood crops out. This deposit and the mafic alkalic rocks of the CVF are both cut by Plio-Pleistocene normal faults and lack evidence of folding. Combined study of continental deposits, igneous rocks and structural features is the key to unravel the complex tectonic evolution of the area.

GET-17

DEFORMACIÓN Y MAGMATISMO CENOZOICOS EN LA CUENCA DE SABINAS, COAHUILA, MÉXICO: INVESTIGACIÓN DOCTORAL

Chávez-Cabello, G.^{1,2} y Aranda-Gómez, J.J.²

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

Apdo. Postal #104, Linares, N.L., 67700, México

² Unidad de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM

Apdo. Postal #1-742, Santiago de Querétaro, Qro., 76001,
México

La edad más reciente de la deformación Laramídica en el Noreste de México es incierta, debido a la erosión del contacto entre sedimentos sin-orogénicos y post-orogénicos depositados en las cuencas de antepaís (foreland) del Cinturón Plegado y Cabalgado de la Sierra Madre Oriental. Se propone un análisis estructural, geoquímico y geocronológico de intrusivos Terciarios dentro del Cinturón Candela Monclova (CCM), perteneciente a la Provincia Alcalina Oriental Mexicana (PAOM), como alternativa viable para determinar la edad más joven de la deformación Laramídica en el Noreste de México. Los métodos de investigación que se emplearán incluyen cartografía geológico-estructural de detalle en cuerpos intrusivos selectos del CCM, muestreo para estudios petrográficos de rutina, análisis microestructural, geoquímica de elementos mayores, traza e isótopos en roca total y fechamientos por las técnicas de K-Ar y U-Pb. Con la información colectada y su interpretación se espera contribuir a: (1) Establecer la edad de la fase más joven de la deformación Laramídica en el Noreste de México, (2) Definir si la deformación Laramídica en el Cinturón Plegado de Coahuila fue acompañada por esfuerzos laterales que ocasionaron deformación transpresiva, lo cual ha sido sugerido por varios investigadores. Si no es así, establecer límites a la edad de operación de un evento de deformación transpresiva regional posterior al Laramídico, finalmente, (3) Investigar y documentar si en la parte norte de la PAOM existió un cambio en el estado de esfuerzos de la corteza, anterior, contemporáneo o posterior a la transición de las fuentes magmáticas, de orogénica a intraplaca, tal como sucedió en la región de Transpecos, Texas, USA.

GET-18

DEFALLAS: UN PROGRAMA DE CÓMPUTO BASADO EN AUTÓMATAS CELULARES PARA MODELAR EL DESARROLLO PROGRESIVO DE SISTEMAS DE FALLAS

Tolson, G., Nieto Samaniego, A.F. y Alaniz Alvarez, S.A.
Instituto de Geología, UNAM

Hemos retomado ideas del trabajo de Claudhos y Marrett (1996) con el fin de explorar el desarrollo de sistemas de fallas. Estas ideas las hemos implementado en un programa que corre bajo el ambiente Windows de 32 bits en plataforma PC. El código está escrito en Pascal Delphi lo cual permite una programación orientada a objetos. Dicho esquema permite la implementación sencilla y versátil de autómatas celulares-estructuras de datos ideales para un modelado de sistemas dinámicos. El lenguaje Pascal Delphi también permite la migración del programa al ambiente XWindows de UNIX y sus variantes como LINUX.

La interfaz de usuario del programa está dividida en dos páginas que a su vez están divididas en un lienzo gráfico a la derecha y una serie de botones, controles gráficos y ventanas de entrada, a la izquierda. La primera página es la responsable del modelado geométrico. El usuario puede generar un número inicial de fracturas Griffith cuya longitud inicial es también fijada por el usuario. El usuario puede modificar los parámetros de crecimiento y aplicar incrementos de deformación al conjunto de fracturas.

El lienzo gráfico de la ventana muestra en todo momento la geometría del sistema de fracturas. Al seleccionar la otra página, el usuario puede crear gráficos de frecuencia, frecuencia logarítmica, y frecuencias acumulativas contra longitud, seleccionando las ventanas de muestreo entre otros parámetros.

El modelo de evolución del sistema se basa tanto en el crecimiento de fracturas individuales por simple propagación de la fractura, así como en el crecimiento repentino de pares de fracturas que se unen formando una fractura más larga. El criterio de fusión de dos fracturas se cumple si la punta de una fractura más corta se encuentra incluida en un círculo cuyo radio es una función de la longitud de la fractura más larga. El círculo se ubica de tal manera que la punta de la fractura larga se localiza en la circunferencia y la fractura es perpendicular a la tangente del círculo en ese punto. Los parámetros de las funciones de propagación y de fusión son fijados por el usuario.

A diferencia de modelos anteriores, el programa incorpora un criterio adicional que denominamos 'eficiencia elástica', a partir del cual el proceso de fusión de fracturas inhibe el crecimiento de fracturas individuales, así preservándolas.

El comportamiento estadístico de las corridas del programa arrojan resultados muy semejantes a datos que hemos obtenido en campo y que cubren rangos de longitud de ocho órdenes de magnitud. Conforme se desarrollan los sistemas de fracturas, los datos de frecuencia muestran claramente los límites de saturación de las escalas pequeñas. Estos límites son representados por picos o 'dientes de serrucho' en los gráficos de frecuencia. Estos límites de saturación ya han sido reportados en la literatura a partir de datos de campo, pero no han sido modelados previamente.

Claudhos y Marrett, 1996, Journal of Structural Geology, 18, pp. 281-294.

GET-19

INDICES BIOESTRATIGRAFICOS DE LAS CUENCAS SEDIMENTARIAS DEL TERCIARIO TARDIO DEL CENTRO DE MÉXICO

Carranza-Castañeda, Oscar y Aguirre-Díaz, Gerardo
 UNICIT, UNAM
 Juriquilla, Querétaro, Qro., 76230, México
 E-mail: oscar@servidor.unam.mx
 (PAPIIT-IN-120999)

Ubicación: Cinturón Volcánico Mexicano

En la parte central de la Faja Volcánica Transmexicana, se encuentran diferentes cuencas sedimentarias que se formaron desde finales del Oligoceno, durante el Mioceno y el Plioceno, paralelamente al desarrollo de esta provincia volcánica. Las cuencas se formaron como fosas tectónicas debido a fallamiento normal y/o por bloqueo de drenajes por productos de origen volcánico. Para poder definir el tiempo de formación de estas cuencas y su historia de sedimentación es necesario conocer su contenido fósil, para poder realizar la correlación estratigráfica entre ellas.

Desde su formación y durante los procesos de sedimentación, ocurrieron eventos geológicos asociados que dieron origen a lagos, arroyos y llanuras de inundación cuyas evidencias se encuentran registradas en la secuencia estratigráfica. Estas condiciones aunadas a la posición geográfica de las cuencas, propiciaron condiciones ecológicas adecuadas para el desarrollo de grandes ecosistemas, cuya historia se encuentra en su secuencia estratigráfica. Además, el altiplano mexicano fue un eficiente corredor que permitió el desplazamiento de faunas, en principio en Norteamérica, y una vez establecido el Puente Panameño, el intercambio de faunas entre las Américas. Los registros de estas faunas, han quedado incluidas en la secuencia bioestratigráfica de las cuencas sedimentarias. Sin embargo, sólo hasta años recientes, se ha iniciado formalmente el estudio de la bioestratigrafía de estas cuencas. En los primeros trabajos donde se describió el contenido fósil de ellas, carecen de importante información, las localidades donde se recolectaron los especímenes que se describieron nunca se correlacionaron por carecer de información estratigráfica, errores de determinación taxonómica, por falta de material diagnóstico ó material insuficiente para conocer el rango de variabilidad en los individuos de una población, y lo más importante, por el desconocimiento de los índices bioestratigráficos de cada una de las edades de mamíferos que hicieran posible la correlación de estas faunas. Estas insuficiencias se han ido eliminando, por los resultados obtenidos en las recientes investigaciones que se han realizado, especialmente en la cuenca de San Miguel de Allende, en el estado de Guanajuato. En esta cuenca, se ha descrito en superposición dos asociaciones faunísticas que representan dos edades de mamíferos del Mioceno tardío, Henfiliano temprano que contiene *Dinohippus interpolatus* y *Calippus (Grammohippus) castilli* y Henfiliano tardío que se caracteriza por la presencia de los équidos considerados índices bioestratigráficos de esta edad, *Nannippus minor*, *Neohipparion eurystyle*, *Astrohippus stockii*, *Dinohippus mexicanus*, y los carnívoros *Agriotherium schneideri*, *Osteoborus cyonoides*, y el rinoceronte *Teleoceras fossiger*. La edad de las faunas que contienen estos taxa ha sido confirmada por fechamientos radiométricos obtenidos por fission track de depósitos de ceniza volcánica intercalada con los depósitos sedimentarios que contienen a los fósiles, obteniendo edades de 4.8 Ma para estas faunas. Los

mismos taxa han sido recolectados en la cuenca de Tecolotlán, Jalisco, obteniendo edades de 4.89 Ma, por medio de la técnica $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. En superposición, se encuentra el Blancano (Plioceno), que contiene los équidos *Nannippus peninsulatus* y *Equus simplicidens*, los carnívoros *Borophagus diversidens*, *Felis studeri*, y el pecarí *Platygonus*. Los resultados del análisis de las cenizas volcánicas asociadas con esta fauna han proporcionado edades de 3.3 Ma por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ y 3.9 Ma por fission track (Kowallis *et al.*, 1999). Es importante señalar que en esta secuencia, se han recolectado los primeros inmigrantes sudamericanos *Nechoerus*, *Parmylodon*, *Glyptotherium* y *Pampatherium*, que sugiere el inicio del gran intercambio de faunas entre las Américas, resultados que indican que esta migración sucedió por lo menos un millón de años antes de lo que ha sido propuesto (Marshall 1985).

GET-20

ESTRUCTURA REGIONAL, SISMOTECTÓNICA Y ACTIVIDAD ANTROPOGÉNICA EN LA MESA CENTRAL

Nieto Obregón, Jorge¹, Javier Lermo Samaniego² y Gerardo Aguirre Díaz³

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

² Instituto de Ingeniería, UNAM

³ UNICIT, Juriquilla, Qro., UNAM

Fallas y fracturas en el Bajío, afectan a rocas, regolitas y suelos del Mesozoico al Reciente. Las fallas son generalmente de tipo normal con rumbo NE y echados al SE y NW, con una ligera componente lateral izquierda. Se prolongan por decenas de kilómetros, afectando terrenos agrícolas, zonas urbanas (Querétaro, Celaya, Salamanca, Irapuato, Silao, León y Aguascalientes), y líneas vitales (i.e. redes de drenaje, líneas de conducción de energía eléctrica, gasoductos, oleoductos, etc). En todos estos casos las trazas de las fallas se documentaron fuera de las áreas urbanas e identificaron en las sierras vecinas, donde son fácilmente identificables en imágenes digitales de terreno.

En la Ciudad de Querétaro, la falla NNW Tlacote-Balvanera potencialmente puede afectar a fraccionamientos, gasoductos, y autopistas que ésta atraviesa. Un relleno sanitario se ubica precisamente sobre el escarpe de esta falla y a unas decenas de metros de éste, se ubica un pozo para abastecimiento de agua potable. La probabilidad de contaminación del acuífero es por lo tanto grande. Situaciones semejantes han sido reportadas en Celaya.

En el área de Salamanca, una falla N 60° E y bloque caído al SE, se extiende desde Cerro Gordo, y atraviesa la ciudad pasando por una esquina de la refinería. Los desplazamientos observados en las calles de la ciudad alcanzan 50 cm.

En la localidad de La Valencianita cerca de Irapuato, una falla N 45° E, y echado al NW, afecta a una secuencia lacustre con horizontes carbonatados. La falla tiene un desplazamiento de más de 10 m. La continuación de esta pasa al norte de la ciudad.

Dentro de la ciudad se cartografió otra falla de orientación similar que afecta importantes avenidas e infraestructura urbana en los alrededores de la Glorieta de Puente de Guadalupe. Aquí la falla presenta un cambio de rumbo de 90° al SE, y continua hasta el límite sur de la ciudad.

En los alrededores de la ciudad de Silao, una falla de orientación N 60° E, atraviesa la ciudad y se prolonga hacia el SE hasta las localidades de Venta de Ramales, y La Aldea. Los daños en la ciudad incluyen afectaciones a construcciones, infraestructura civil y líneas vitales.

En la ciudad de León en el cruce de las autopistas que van a Aguascalientes y Guadalajara, se observa un plano de falla normal con estrías indicando un movimiento normal izquierdo.

Grietas y hundimientos en estas ciudades están directamente relacionados a escarpes sepultados controlados por las fallas, y sobre-explotación de mantos acuíferos.

Algunas de estas fallas son consideradas potencialmente activas en base a observaciones geológicas y a eventos sísmicos como el de Sanfandila en 1998.

GET-21

EL LÍMITE SEPTENTRIONAL DE LA DEFORMACIÓN ASOCIADA A LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA EN LA REGIÓN DE QUERÉTARO

S.A. Alaniz-Álvarez, A.F. Nieto-Samaniego, M.A. Reyes-Zaragoza, M.T. Orozco-Esquivel, A.C. Ojeda-García y L.F.

Vassallo Morales

Instituto de Geología, Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra, UNAM

Apdo. Postal 1-742, Santiago de Querétaro, Qro., 76001, México

El sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende (SFTSMA) es una estructura mayor de rumbo NNW-SSE, con más de 500 km de longitud y 35 km de ancho. Constituye el límite entre bloques corticales con espesores de la corteza y topografía distintos. De Norte a Sur cruza tres provincias geológicas y de Oeste a Este forma el límite del arco volcánico mesozoico Terreno Guerrero. Se estudiaron la edad, cinemática y relación con el volcanismo de la región comprendida entre San Miguel de Allende y la ciudad de Querétaro en el límite septentrional de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). En esta región, el SFTSMA se ubica entre las fallas mayores San Miguel de Allende y Querétaro, las cuales están separadas 35km, ambas tienen más de 50 km de longitud, su rumbo es ~N-S y están inclinadas hacia el poniente. Entre estas dos fallas se cartografiaron las fallas menores San Bartolomé, Tlacote y 5 de Febrero, todas de rumbo ~N-S pero con inclinación hacia el oriente. Estas fallas registraron movimiento normal durante la transición entre la deformación extensional ~E-W oligocénica de la Mesa Central y la deformación extensional ~N-S pliocénica-reciente de la FVTM. Las rocas volcánicas más jóvenes cortadas por las fallas son, de NNW a SSE, del Mioceno medio, Mioceno tardío y Plioceno, lo que sugiere que tanto el volcanismo como el fallamiento migraron hacia el sureste.

El SFTSMA se cruza en esta región con dos estructuras importantes: la falla del Bajío y el Horst Palo Huérfano-Ixtla. Se denomina aquí Horst Palo Huérfano-Ixtla a la estructura NE que expone al basamento y a lo largo de la cual se emplazaron en el Mioceno medio los primeros estratovolcanes de la FVTM. La transición entre las deformaciones de la Mesa Central y de la FVTM se registró en la actividad de las fallas mayores. Por un lado, el escarpe de la falla San Miguel de Allende termina en la zona del Horst Palo Huérfano-Ixtla donde la falla tuvo actividad entre 12 y

11 Ma cuando la dirección de extensión fue hacia el NE-NNE. Por otro lado, al sur del Horst Palo Huérfano-Ixtla, la falla de Querétaro y fallas menores antitéticas se activaron como fallas normales del Mioceno al Reciente. La falla del Bajío, de rumbo NW, no continúa al oriente de la falla de San Miguel de Allende. Concluimos que, en la región de estudio, el límite septentrional de la deformación extensional de la FVTM lo constituye la falla del Bajío y el Horst Palo Huérfano-Ixtla.

GET-22

EVIDENCIAS GEOMORFOLÓGICAS DE LEVANTAMIENTO TECTÓNICO EN LA ISLA ESPÍRITU SANTO, B.C.S.

Cruz Orozco, Rodolfo, Alvarez Arellano, Alejandro, Gaitán Morán, Javier, Martínez Noriega, César y Rojo García, Paulino.

Depto. de Geología Marina, UABCS

La isla Espíritu Santo ubicada en la porción sureste del Golfo de California a una hora de navegación del puerto de La Paz, cuenta con múltiples entalladuras, terrazas de abrasión y depósitos de sedimentos marinos a diferentes altitudes sobre el nivel del mar actual.

De particular interés son las entalladuras de la Punta La Despensa, donde se hizo una nivelación y se encontró que éstas, en la porción inferior de la punta, están bien desarrolladas con alturas que varían de uno a tres metros, separadas por terrazas angostas. En la parte superior las entalladuras no están bien desarrolladas, tienen de diez a cincuenta centímetros de altura, separadas por terrazas amplias de hasta ocho metros de longitud. La diferencia entre la altura y forma de las entalladuras así como del desarrollo de las terrazas de abrasión, se consideran como producto de la variación de la velocidad de levantamiento de la isla. Se identificaron estos rasgos geomorfológicos, en la localidad citada, en elevaciones desde cinco hasta cincuenta metros sobre el nivel del mar actual.

GET-23

POSIBLE SIGNIFICADO TECTÓNICO DE LOS CAMPOS VOLCÁNICOS MONOGENÉTICOS EN LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

Edgardo Cañón Tapia, Marco A. Rojas Beltrán y Raquel Negrete Aranda

Depto. de Geología, CICESE

Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C. 22860, México

Los flujos de lava miocénicos que cubren la parte central de la Península de Baja California se han estudiado detalladamente durante los últimos tres años mediante el uso de técnicas de trabajo de campo, fotogeología, paleomagnetismo y mediciones de anisotropía de susceptibilidad magnética. El área de estudio se encuentra entre las latitudes 27°30'N y 26°08'N y las longitudes 112°20'W y 113°20'W. Esta área puede dividirse en cuatro zonas, cada una presentando características distintivas en los productos volcánicos. En total, más de 120 centros eruptivos se localizan en dos de estas zonas, mientras que las otras dos se caracterizan por la casi completa ausencia de centros eruptivos. Estas características en la distribución de centros eruptivos se interpreta como un indicador de que las rocas volcánicas del área de estudio en realidad marcan

la existencia de dos campos volcánicos monogenéticos adyacentes. La identificación positiva de campos monogenéticos miocénicos en el área de estudio requiere de una reinterpretación del significado tectónico de dichos flujos, demostrando que no toda la actividad volcánica de ese tiempo estuvo asociada directamente con el inicio de la apertura del Golfo como se había propuesto anteriormente, sino que existieron zonas de debilidad cortical que atravesaron la Península durante la transición entre el cese de la subducción de la placa oceánica al oeste y el comienzo de la apertura del Golfo al este. La existencia de estas zonas de debilidad cortical puede ser característica de toda la Península durante este periodo de tiempo, aunque han pasado inadvertidas en los estudios tectónicos recientes de la región.

GET-24

NEW GEOCHRONOLOGY OF IGNIMBRITE DEPOSITS OF ISLA TIBURÓN AND COASTAL SONORA

Michael Oskin and Joann Stock
California Institute of Technology

This study presents new geochronologic results from rhyolitic ignimbrite deposits of Isla Tiburón and coastal Sonora. These data support correlation of the ~12.6 Ma Tuff of San Felipe and the ~6.3 Ma Tmr3 ignimbrite from northeastern Baja California to Isla Tiburón. The age of the Tuff of San Felipe near Bahía Kino on coastal Sonora also matches the Tuff of San Felipe from northeastern Baja California. Ages from other ash-flow tuff outcrops constrain the history of the La Cruz fault, a northwest-striking transform fault on southern Isla Tiburón. The Cerro Colorado Tuff and Corralitos Tuff, both ~11 Ma, do not correlate across the La Cruz fault. The oldest unit to correlate across the La Cruz fault is unit 1 of the Tuffs of Arroyo Sauzal, dated at three localities as ~6Ma. These data suggest that the La Cruz fault accommodated strike-slip displacement during the initial opening of the Gulf of California. Marine strata of southwestern Isla Tiburón overlie the unit 1 of the Tuffs of Arroyo Sauzal, indicating that these deposits are latest Miocene age or younger.

GET-25

FAULTING IN THE NORTHERN GULF OF CALIFORNIA FROM HI-RES SEISMIC DATA

P. Persaud¹, J. M. Stock¹, M. S. Steckler², A. Martin-Barajas³,
L. Lavier¹

¹ California Institute of Technology

² LDEO, Columbia University

³ CICESE

The Pacific-North American plate boundary in the Gulf of California has been undergoing oblique extension since 6 Ma. Reorganization of the plate boundary in the northern Gulf including plate boundary jumps and the related structural features have been proposed by many authors (e.g., *Lonsdale, 1989; Umhoefer et al., 1994 and Stock, 2000*). Although the ages of the rift basins in the northern Gulf have not been determined to date, the style of deformation associated with these new spreading centers is compared to the onshore structure, where the spatial and temporal development of faulting is well established. Based on the interpretation of 2D high-resolution multichannel seismic data collected from May-June 1999 aboard the *B/O Ulloa*, faulting in the

northern Gulf of California occurs over a broad region (~100 x 150 km). We interpret mostly NE-striking normal faults (some lateral offset is evident) in the axial regions of the Upper Delfin basins and two mutually crosscutting sets of active faults (NE-striking normal and NW-striking oblique-normal faults) in the Lower Delfin basin. Close to the Baja California coast oblique-normal faults parallel the coastline. In the area of the Wagner and Consag basins faults generally strike northerly. Northwest of Isla Angel de la Guarda, the Ulloa fault, a large offset (~100 m or more) normal fault, with some evidence of lateral displacement strikes east-northeast and dips northward. Compared to the other faults surveyed, the Ulloa fault has an unusually large offset and atypical strike. This fault is still active and merges into the southeastern flank of the Lower Delfin basin, forming a structural boundary between a bathymetric high to the south and a broad depression to the north, within which the major active rift basins are located. This fault is within 15 km of the modern basin axis and therefore presumably affects very young crust. The unusual geometry of the Ulloa fault is one illustration of the structural complexity of the modern plate boundary deformation in this region.

Northeast of the Ulloa fault, in a region at 29.9°N, 113.3°W near the Sonoran coast, with <200 m water depth, a zone of mainly inactive, closely spaced faults (~1 km apart) with opposing dips is associated with tilted strata. These structural relationships suggest ramp-flat listric faulting at depth. We assume that the implied ramp-flat normal faulting is at least as old as the last plate boundary jump or its structural style was inherited from a regime that predates this jump. The offshore faults are compared to the onshore structure of eastern Baja California between San Felipe (31° N) and Gonzaga Bay (29.8° N). The present onshore structures largely terminate near the shoreline and appear unrelated to the structures farther offshore.

References:

- Lonsdale, P., 1989, *Geology and Tectonic History of the Gulf of California* in Hussong, D., Winterer, E. L., and Decker, R.W., eds., *The eastern Pacific Ocean and Hawaii: Boulder Colorado, Geological Society of North America, Geology of North America*, v. N, p. 499-522.
- Stock, J.M., 2000, *Relation of the Puertecitos Volcanic Province, Baja California, Mexico, to the development of the plate boundary in the Gulf of California: GSA Special Paper 334*, p.143-156.
- Umhoefer, P., Dorsey, R. and Renne, P., 1994, *Tectonics of the Pliocene Loreto basin, Baja California Sur, Mexico, and the evolution of the Gulf of California: Geology*, v. 22, p. 649-652.

GET-26

MODELADO GRAVIMÉTRICO E INTERPRETACIÓN SÍSMICA DE LA CUENCA TIBURÓN SUPERIOR, NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Martín-Atienza, B.¹, González-Fernández, A.², Hurtado-Artunduaga, A.D.³, García-Abdeslem, J.¹, Martín-Barajas, A.², Suárez-Vidal, F.², Guzmán, A.E.⁴ y Martínez-Sierra, R.⁵

¹ Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE
Ensenada, B.C., México

² Depto. de Geología, CICESE, Ensenada, B.C., México

³ Instituto de Geofísica, UNAM, México, D.F.

⁴ Coordinación de Estrategias de Exploración, PEMEX, México, D.F.

⁵ Activo Reynosa, PEMEX, Reynosa, Tamps., México

En las etapas iniciales de apertura del Golfo de California, la zona de rift activa pasaba desde la cuenca de Guaymas hacia la cuenca San Pedro Mártir y desde allí hacia las cuencas Tiburón para conectar con el sistema de falla lateral de San Andrés-Imperial. En un periodo posterior, la extensión migró hacia el oeste, a las actuales cuencas de Salsipuedes, Delfín y Wagner. El estudio de la cuenca Tiburón superior, situada al noroeste de la isla Tiburón y al este de la isla Angel de la Guarda, permite definir mejor la historia de la extensión en el norte del Golfo de California.

Del conjunto de datos registrados por PEMEX con fines de exploración de gas se investigaron tres líneas sísmicas y el mapa de anomalías de Bouguer en la zona. En la sísmica de reflexión multicanal, con un tiempo de registro de 6 segundos, se observa el basamento en la mayor parte de las líneas interpretadas, así como un cambio en la sedimentación que se interpreta como el resultado de la migración de la extensión hacia el oeste. La interpretación de los datos gravimétricos mediante el método de inversión de Marquardt-Levenberg proporciona una imagen tridimensional de la geometría de la cuenca. Esta geometría se compara con los resultados de la sísmica profunda del proyecto CORTES-P96, los cuales sugerían la existencia de un detachment a nivel cortical.

GET-27

REGIONAL GEOLOGY OF CONJUGATE RIFTED CONTINENTAL MARGINS OF THE UPPER DELFÍN AND TIBURÓN BASINS

Michael Oskin
California Institute of Technology

This study presents two new regional geologic maps of the conjugate continental margins of the Upper Delfín and Tiburón basins of the northern Gulf of California. Regional mapping in Baja California Norte is compiled from earlier detailed studies and new reconnaissance mapping from the shore of the Gulf of California to longitude 115.3° and from latitude 30.0° to 31.0°.

Regional mapping in western Sonora covers the coastal zone west of longitude 112.0° and south of latitude 29.4°, including new detailed studies of western Isla Tiburón. The stratigraphy of these areas is divided into six groups. These groups encompass six partially interfingering stratigraphic-tectonic packages corresponding to time periods prior to and during Gulf rifting.

Group one comprises basement of pre-batholithic metasedimentary rocks and plutons of the Peninsular Ranges Batholith and their offset correlatives in western Sonora. Group two consists of basal Tertiary-age sedimentary cover of fluvial conglomerate and sandstone. Group two strata interfinger laterally with and are overlain by Miocene-age volcanoclastic deposits and lava flows that comprise group three. Vents of the Miocene arc exposed in the mapped areas are concentrated in the Puertecitos Volcanic Province in Baja California and on the southern half of Isla Tiburón. The ~12.6Ma Tuff of San Felipe comprises group four and forms a pre-rift marker horizon throughout most of the mapped area.

Lithologic groups five and six were deposited synchronously with rifting in the Gulf of California Extensional Province. Group five is an assemblage of volcanic, volcanoclastic, and fluvial deposits. This group is capped by an extensive series of 6-7 Ma ignimbrites that form much of the volcanic cover of the northern Puertecitos Volcanic Province and western Isla Tiburón. Group six contains a younger volcanic and fluvial assemblage similar to group five, and also includes marine deposits of the northern Gulf of California.

GET-28

REEVALUACIÓN DE LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE LA FRONTERA DE PLACAS NORTEAMERICAPACÍFICO, NUEVAS EVIDENCIAS DEL BORDE CONTINENTAL DE BAJA CALIFORNIA

Fletcher, J.M.¹, Eakins, B.W.² y Mendoza-Borunda, R.¹

¹ Depto. de Geología, CICESE

Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México

² Scripps Inst. Oc., 9500 Gillmore Dr., La Jolla CA.

New observational data on Neogene faulting in the borderland of Baja California places important constraints on tectonic models for the evolution of the Pacific-North American (P-NA) plate boundary and rifting in the Gulf of California. Neogene faults in the borderland range from strike slip to normal slip and accommodate integrated transtension. Most have east-facing escarpments and likely reactivate the former east-dipping accretionary complex. Numerous lines of evidence indicate that Neogene faults are still active and accomplish a significant component (~1-5 mm/yr) of Pacific-North American shearing. Quaternary volcanoes are found offshore and along the Pacific coastal margin, Quaternary marine terraces are warped and uplifted as high as 200 masl. Many of the offshore faults have fresh escarpments and cut Holocene sediments. Extensive arrays of Quaternary fault scarps are found throughout the coastal region and in Bahía Magdalena they are clearly associated with major faults that bound recently uplifted islands. A prominent band of seismicity follows the coast and eight earthquakes (Ms>5.0) were teleseismically recorded between 1973 and 1998. This evidence for active shearing indicates that the Baja microplate has not yet been completely transferred to the Pacific plate.

The best lithologic correlation that can be used to define the total Neogene slip across the borderland faults is the offset between the Magdalena submarine fan and its Baja source terrane. The distal facies of the fan drilled during DSDP leg 63 is dominated by mudstone and siltstone that contain reworked Paleogene coccoliths derived from strata correlative with the Tepetate formation found

throughout the borderland and fine-grained sandstone derived from a source terrane of granitoid basement. The Middle Miocene La Calera formation of the Cabo trough is one of many granitoid-clast syn-rift alluvial deposits that could form the continental counterpart of the submarine fan near the mouth of the proto-gulf. However, regardless of the exact source, the Magdalena fan must have been transported beyond a major submarine canyon system south of Todos Santos by 13.5 Ma when sedimentation rates significantly diminished. This places a maximum of ~200 km total slip on the borderland faults since 13.5 Ma. Alternatively, all components of the Magdalena fan could have been derived from reworking Cenozoic strata within the borderland. The sandstone facies could be derived from the Oligocene El Cien Fm., which is a granitoid clast conglomerate that overlies the Tepetate Fm. and crops out ~100 km west of La Paz. If true, the total slip across borderland faults may be only a few tens of kilometers. Key structural relations along the submarine Tosco-Abrejos fault system support this lower slip estimate including: relatively short (~30 km width) pull-apart basins, correlative strata on either side of the fault, and a strong pattern of splaying, which indicates a lateral termination, only ~50 km to the SE of the Magdalena fan.

These new observations require significant modifications to existing tectonic models, which usually assign ~300 km of offset to the borderland. Lower finite slip estimates suggest that the borderland may not have formed the main P-NA plate boundary and long-term Neogene slip rates need not be significantly different from Quaternary slip rates. Lower finite slip estimates also allow stronger correlations between Farallon derived microplates and the patterns of Neogene faulting, volcanism, topographic variations, and surface heat flow in the overlying continental crust of Baja California.

GET-29

SUBDUCCION HINGE MIGRATION ALONG THE MEXICAN SECTOR OF THE MIDDLE AMERICAN TRENCH

Carlos A. Mortera-Gutierrez¹, William L. Bandy¹, Thomas W. Hilde² and Richard L. Carlson²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

Cd. Univeristaria, Coyoacan, D.F., Mexico

² College of Geosciences, Texas A&M University
College Station, TX, USA

Subduction zones are among the world's dramatic and complex active tectonic features. They display an almost bewildering range of tectonic styles in which have been proven difficult to explain. Numerous models have been proposed to explain why some arcs, such as Peru-Chile, are in compression while other, such as Mariana, exhibit backarc extension. Kinematic models have been used in attempting to relate arc tectonics regimes to the motion of overriding plates with respect to the hinge of subduction zones or downgoing plate. These models invoke hinge migration, or rollback - the oceanward retreat of subduction hinge under the influence of gravity. We examine the subduction hinge migration along the Mexican sector of the Middle American trench in relation to (1) the age of the subducting oceanic lithosphere - noting that old, cold lithosphere is less buoyant than young lithosphere -, (2) the rates of rollbacks depending on the age of the downgoing plate, (3) the modes of mechanical coupling in subduction zones - explained by a stationary or anchored slab model in which either the interface between the downgoing slab and the overriding plate is tightly coupled because

the continent is advancing on the stationary slab, or is loosely coupled because the overriding plate is retreating from the anchored slab. We will argue that the motions of overriding plates combined with hinge migration account for the observed variations of tectonic style. Noting per se, plate convergence has little to do with arc stress regimes. Our objectives here are to evaluate the Middle American hinge migration along the Mexican sector in light of improved plate motions, and to suggest a tentative mechanism for hinge retreat based on a simple corner flow model.

GET-30

SLAB DETACHMENT, FLAT SUBDUCTION AND SLAB ROLLBACK IN CENTRAL MEXICO: FITTING THE NEOGENE EVOLUTION OF THE TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT INTO THE HISTORY AND DYNAMICS OF SUBDUCTION

Luca Ferrari

UNICIT, Instituto de Geología, UNAM
Juriquilla, Qro.

Based on a comparative analysis of the volcanic record of the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) and the reconstruction of plate history since 16 Ma in central Mexico I propose an interpretation of the evolution of the Cocos-Rivera subduction system that have implications for the active volcanism and tectonics. The base of the analysis is the compilations of all the available geologic, geochemical and geochronologic information for the TMVB organized into a Geographic Information System database, an ongoing project started four years ago.

TMVB volcanism has occurred in episodes that are characterized by different degree of differentiation and compositional variety. Across-arc and along strike variation and/or migration can be often recognized in each episode. In its first stage (16 to 10 Ma) the TMVB consisted of a broad arc mostly made of large andesitic complexes emplaced between Long. 102° and 97°30' (central Mexico). During this period volcanism was absent in the western and eastern TMVB. In late Miocene (11 to 6 Ma) a voluminous mafic volcanism was emplaced to the north of the previous arc with ages progressively younger from west (Tepic-Guadalajara) to east (Queretaro-Hidalgo). This second episode did not reach the eastern TMVB. Large calderas and silicic dome complexes developed in latest Miocene and early Pliocene (7.5 to 3.5 Ma) west of the Taxco-San Miguel de Allende fault system (TSMA). East of the TSMA (E of long. 99°30') a volcanic gap is clearly observed between ~9 and 3.5 Ma. In the western TMVB small amount of lavas with an intra-plate affinity (often referred to as Ocean Island Basalt) started to be emplaced since 5 Ma. At the same time the volcanic front migrated to the south by about 70 km. East of the TSMA volcanism resumed at about 3.5 Ma in the Mexico City region and at the end of Pliocene in the eastern TMVB (excluding volcanism in the Palma Sola area which show little relations with the subduction system). In the Toluca-Mexico City area the volcanic front migrated trenchward in the Quaternary but did not go more southward of the middle Miocene arc. No southward migration of the volcanic front is observed in the eastern TMVB.

The Middle Miocene volcanism represent a "normal" volcanic arc that developed after a gap of ~15 Ma following the formation of the new Cocos-North America subduction boundary at the site of the former North America and Caribbean transform boundary. The

following unusual volcanic evolution, however, was determined by the detachment of the deeper part of the Cocos slab and the resulting variation in slab inclination with time. Slab must have detached after 12.5 following the end of subduction off Baja California. This is a kinematic-dynamic requirement and is supported by the fact that the present seismic slab is short. I propose that the slab detached from the Gulf of California to the ESE from ~12 to 7.5 Ma producing a migrating mafic pulse along the propagating tear. Once deprived by its deeper part the slab started to decrease its dip (rebound + buoyancy of the younger crust) and this is the most likely cause for flat subduction of the Cocos plate. No plateau seems available on the mirror image on the Pacific plate and the absence of a subducted thickened crust explains why there is no seismic coupling between the two plates and no shortening occurred in the upper plate. The ~9 to 3.5 to volcanic gap in the central TMVB marks the period of flat subduction of the Cocos plate. Indeed, Pacific-Cocos relative motion decrease by 70% after 10 Ma. Flat subduction delays the basalt/gabbro to eclogite transition for some time. However the resuming of volcanism in late Pliocene indicate that the leading edge of the Cocos plate completed its transformation to eclogite and started to rollback. The slab rollback enhances the advection of geochemically enriched material into the mantle wedge, which I propose as the main cause for the occurrence of OIB-type volcanism in the TMVB.

GET-31

NEWS AND FUTURE DIRECTIONS FOR PALEOPROTEROZOIC BASEMENT STUDIES IN SONORA, MEXICO

Alexander Iriondo¹, Wayne R. Premo², James R. Budahn² and
Michael J. Kunk²

¹ Department of Geological Sciences, University of Colorado at
Boulder, CB 399, Boulder, CO 80309, USA

² U.S. Geological Survey, MS 974, Box 25046, Denver Federal
Center, Denver, CO 80225, USA

A detailed geochemical characterization of nineteen representative Proterozoic basement rocks in the Quitovac region in northwestern Sonora, Mexico, has identified two distinct Paleoproterozoic basement blocks that coincide spatially with the previously proposed, age-defined, Caborca and "North America" blocks. However, new U-Pb zircon geochronology revises the proposed age ranges for the Caborca (1.78-1.69 Ga) and "North America" (1.71-1.66 Ga) blocks at Quitovac, and precludes a simple age differentiation between them. In addition, Grenvillian-age granitoids (ca. 1.1 Ga), spatially associated with the Caborca block have been identified at Quitovac.

Nd isotopes and major- and trace-element geochemistry support the distinction of both Paleoproterozoic basements at Quitovac. Granitoids of the "North America" block are characterized by depleted ϵ_{Nd} values between +3.4 and +3.9, correspondingly younger Nd model ages (1800-1740 Ma), and have lower K_2O , Y, Rb, Ba, Th, REE, and Fe/Mg values than contemporaneous rocks of the Caborca block. The Caborca-block granitoids are likewise characterized by slightly less depleted Nd signatures ($\epsilon_{Nd} \sim +0.6$ and +2.6), and correspondingly older Nd model ages (2070 to 1880 Ma). Despite the subtle differences, the Caborca and "North America" block granitoids are composed of depleted to near-depleted crustal material with island-arc-like affinities.

We propose that the Proterozoic basement rocks from the Quitovac region are an extension of the Paleoproterozoic rocks of the crustal provinces in SW United States. Specifically, rocks of the Caborca block exhibit an affinity to rocks of either the Yavapai province or the Mojave-Yavapai Transition zone, whereas rocks of the "North America" block have signatures similar to those of the Mazatzal province of southern Arizona.

These Paleoproterozoic basement provinces and blocks in SW North America represent the SW margin of Laurentia, one of the key Neoproterozoic to Early Paleozoic rifted margins used in continental reconstructions of the Rodinia supercontinent (SWEAT, AUSWUS, etc.). Our new data create the possibility of alternative hypotheses for the distribution of Paleoproterozoic crustal provinces in SW North America that affect reconstructions of the original SW margin of Laurentia, reducing uncertainties in the configuration, timing, and existence of supercontinents in the Proterozoic (e.g., Rodinia).

We believe that future studies combining field relationships, petrology, U-Pb zircon geochronology, geochemistry and radiogenic isotopes in basement rocks in northern Sonora should provide enough information to characterize them and determine a more precise correlation with basement rocks from the Mojave, Yavapai, and Mazatzal Paleoproterozoic crustal provinces in SW United States. Nonetheless, it would be important to use other geological techniques that have been successfully utilized in basement studies, such as analysis of Paleoproterozoic structural trends, detrital zircon and Nd provenance studies in Neoproterozoic and Paleozoic supracrustal rocks (e.g., Gehrels and Stewart, 1998; Farmer *et al.*, 1998), thermochronology of metamorphic and plutonic rocks, and geophysical surveys (seismic, gravity, and aeromagnetism) among others.

GET-32

SISTEMAS ESTRUCTURALES E HISTORIA TÉRMICA EN EL PLANETA MARTE

Hernández Barosio Antonio

Planetología y Física Espacial, Instituto de Geofísica, UNAM

Marte ha experimentado una historia térmica. Los efectos de esta evolución se manifiestan como esfuerzos que han deformado su litósfera, lo cual ha sido registrado en los mapas tectónicos globales de su superficie. Utilizando observaciones limitadas y herramientas relativamente crudas de interpretación y análisis, se ha podido generar una historia termo-tectónica coherente. Las causas de los esfuerzos podrían incluir: esfuerzos globales producidos por expansión o contracción debida a diferenciación planetaria y a cambios en la orientación del eje de rotación (Banerdt *et al.* 1992; Melosh, 1980), esfuerzos regionales y locales debidos a anomalías térmicas del manto y a cargas litosféricas (Schubert *et al.* 1990; Banerdt *et al.* 1992), y esfuerzos exogénicos producidos por impactos (Schultz *et al.* 1982). Esto indica que existe una relación muy estrecha entre esfuerzos, fallamiento y evolución térmica. Con objeto de realizar un análisis objetivo de las huellas superficiales de los eventos que pudieron haber causado esfuerzos en Marte, se analiza el mapa tectónico global, desarrollado por diversos autores (Scott y Tanaka, 1986; Greeley y Guest, 1987; Scott y Dhom, 1990). En este mapa se vislumbran regiones tectónicas cuyo registro de deformaciones ha sido bien preservado, lo cual proporciona áreas fértiles para el análisis termo-tectónico.

GET-33 CARTEL

ANÁLISIS SOBRE EL CONTRASTE DE CORTEZA EN LA PARTE NORTE DE LA CUENCA GUAYMAS, GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO, A PARTIR DE PERFILES SÍSMICOS DE REFLEXIÓN, ECOSONDA DE PENETRACIÓN, SONOGRAMAS Y CAMPOS POTENCIALES

Morandi, M.T.¹, González-Fernández, A.², Delgado-Argote, L.², Frías-Camacho, V.M.², Dañobeitia, J.J.³ y Michaud, F.⁴

¹ Laboratorio de Geofísica, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

² Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Ensenada, B.C., México

³ Depto. de Geofísica, Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera", Barcelona, España

⁴ Observatoire Océanologique de Villefranche, Villefranche sur Mer, Francia

El Golfo de California es una región donde está bien identificado un proceso de ruptura continental activo. La presencia de cuencas de apertura con piso de tipo oceánico o transicional en la parte central del golfo se interpreta como la ocurrencia de un proceso de rifting. Sin embargo, la evolución de los procesos que han dado lugar a esta ruptura continental aún no ha sido bien entendida.

En este estudio se procesan, integran e interpretan datos de alta resolución de sísmica de reflexión vertical profunda, ecosonda de penetración, sonogramas y anomalías de gravedad adquiridos durante la campaña geofísica CORTES-96 por el B/O Hespérides a lo largo de dos perfiles en la parte central del Golfo de California, México. La línea p307 con una longitud de 105.48 km, está ubicada en dirección NE-SW, entre Santa Rosalía, B.C. y Guaymas, Son. La línea p309 con una longitud de 76.51 km, corre en dirección ESE-WNW, entre Guaymas y el sur de la isla Tiburón.

A lo largo del perfil de sísmica de reflexión p307 se observa la presencia de dos subcuencas bien diferenciadas. El límite NE de la Cuenca de Guaymas presenta un escarpe muy marcado. Coincidiendo con este escarpe se interpreta una zona de fallas normales buzando en dirección SW que podrían representar la continuación de la traza de la falla transforme San Pedro Mártir. En el extremo SW del perfil aparece una estructura asociada en un trabajo anterior a una cresta volcánica alineada en dirección NW-SE mientras que en el extremo NE se observa la parte no emergida de una isla cercana a Guaymas, Son y otra estructura, posiblemente ignea. Se observa una diferencia en el grosor de la sedimentación entre ambas subcuencas y en la morfología de su basamento.

El perfil p309 muestra una batimetría prácticamente plana, un basamento cuya profundidad varía entre 1.5 y 2.0 s, varias fallas de crecimiento y cañones submarinos. Cabe destacar un cambio de carácter en las señales sísmicas entre 6 y 8 s de profundidad que denota, posiblemente, la transición corteza-manto.

GET-34 CARTEL

BAHÍA Y VALLE DE BANDERAS: POSIBLE LÍMITE TECTÓNICO DEL BLOQUE DE JALISCO

Román Alvarez
IIMAS-UNAM
México, D.F.

Los límites norte y oriente del Bloque de Jalisco (BJ) se han delimitado por una serie de grábenes: Tepic-Zacoalco-Chapala y Sayula-Colima. La continuación de esta última estructura se asocia a otro graben oceánico denominado El Gordo, que inicia frente a Manzanillo y continúa más allá de la trinchera hasta las cercanías de Zona de Falla de Rivera. Por la parte noroccidental los límites del BJ han sido poco discutidos, asociándolos vagamente algunas veces a la Zona de Falla de Tamayo y/o al escarpe de Las Tres Marías. El Valle de Banderas ha sido reconocido geológicamente como un graben y se le continúa a través de la Bahía, por medio de una falla, denominada la Falla de Banderas. No obstante, la falla es inferida, ya que no se conoce con precisión la topografía del piso marino en dicha bahía. De hecho, muchos de los estudios que incluyen contornos de profundidad de la región, los muestran como monótonamente disminuyendo en profundidad, desde la boca de la bahía hasta la costa oriental. Esta representación es errónea, pues en realidad la región central de la bahía alcanza profundidades superiores a 1400 m, mientras que en la boca de la misma las profundidades varían entre 500 y 800 m. Para subsanar la falta de información efectuamos una campaña de ecosondeos en la región de mayor profundidad de la bahía, a bordo de El Puma B/O. Estos resultados sugieren que parte de la Bahía y el Valle de Banderas pertenecen a un mismo graben, cuyas dimensiones aproximadas (60 x 15 km) son comparables, o exceden, a las de los otros grábenes que limitan al BJ y que podría constituir parte del límite noroccidental del mismo.

GET-35 CARTEL

CARTOGRAFÍA Y ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE UNA PORCIÓN DE LA SIERRA DE LLANOS DEL CARMEN EN LA PARTE NORTE DEL MUNICIPIO DE VILLA HIDALGO S.L.P.

Barajas Nigoche L.D. y Barbosa Gudino J.R.
Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Av. Dr. Manuel Nava N°5, Zona Universitaria, San Luis Potosí,
S.L.P., 78240, México
E-mail: Danygoche@yahoo.com

Se realizó una investigación dentro de un área de aproximadamente 70 km² a 82 km al Noroeste de la Ciudad de San Luis Potosí, con el objetivo de establecer la estratigrafía y las estructuras que caracterizan a la denominada Sierra de Llanos Del Carmen.

El Cretácico esta representado por dos formaciones; La Formación El Abra que constituye la base de la secuencia estratigráfica aflorante, la cual se cartografió como facies calcárea arrecifal, presente en la mayor parte del área de estudio; y La Formación Cárdenas que esta constituida por areniscas y lutitas. Durante el Terciario aparecen rocas tanto volcánicas como clásticas; las rocas volcánicas presentan una gran variedad de texturas y composición; tales como ignimbritas, Basaltos intercalados con tobas de composición riodacítica en un claro ejemplo de

magmatismo bimodal, por otra parte algunos depósitos de material volcánogénico que son a su vez cortados por diques piroclásticos o tuficitas¿?. Las rocas clásticas consisten de materiales tales como fragmentos de calizas y de areniscas así como rocas volcánicas diversas, reconocidas en el área cartografiada y algunos provenientes de otras zonas no observadas dentro de la misma.

La Formación El Abra registra al menos dos fases de deformación, una compresiva que dio origen al plegamiento característico de esta región, y al fallamiento inverso de orientación general NNW; y otro tensional que dio origen a fallas normales de orientación general NW. La Formación Cárdenas en general presenta un plegamiento bastante irregular contemporáneo al plegamiento de la Formación El Abra, algunos pliegues tienen su eje axial orientado NS y en otros sectores se tienen evidencias de plegamiento orientado EW, debido a su carácter “plástico”.

Las rocas volcánicas, en particular algunos basaltos y tobas además de los depósitos volcánogénicos pueden ser el producto de la reactivación de fallas normales que en algunos sectores se tienen evidencias de movimiento lateral izquierdo que pudieron ser los conductos de extrusión de estas secuencias.

Un importante aporte de este trabajo es la identificación de la magnitud y variedad de los depósitos volcánogénicos y de los diques que a estos cortan, así mismo la estrecha relación que guardan con las estructuras, en este caso el fallamiento normal post-laramidico que evidencian una reactivación, además de la adición de la componente lateral muy común en esta área. Por otra parte el magmatismo bimodal que también se relaciona con las fallas normales antes mencionadas.

GET-36 CARTEL

ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE ACTIVIDAD SOLAR Y MUERTES POR INFARTO AL MIOCARDIO EN MÉXICO PARA LOS AÑOS DE 1996-1999

Rosa Díaz Sandoval y Blanca Mendoza
Instituto de Geofísica, UNAM

Se hizo un estudio de la incidencia del número diario de muertes por infarto al miocardio en todo el país, con un total de 129 917 casos, registrados en el Instituto de Epidemiología de la Secretaría de Salubridad para el periodo del 1º. de enero de 1996 al 31 de diciembre de 1999. Se hicieron análisis espectrales para todos los datos y para las divisiones por sexo y por grupos de edad, según los criterios epidemiológicos. Además se consideraron las fases del ciclo solar. En la mayoría de los grupos se observan frecuencias cercanas a las de orden anual, las cuales estén quizás relacionadas con factores ambientales y ritmos de vida social. También se observan frecuencias del tipo circaseptano que han sido relacionadas con ciclos de actividad solar [1] y en este estudio se ve que tienden a desaparecer durante tiempos de mínimo solar, en comparación con los años cercanos al máximo solar, lo cual concuerda con otros resultados [2].

[1] Breus T.K., Ann. Geophys., 13, 1211 (1995).

[2] Khomeriki, O., Bull. Georgian Acad. Sci., 158, 123 (1998).

GET-37 CARTEL

GEOLOGÍA DEL “VALLE DE QUERÉTARO”. ESTRATIGRAFÍA Y ESTRUCTURA DEL ENTORNO DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE QUERÉTARO, MÉXICO

Juventino Martínez Reyes, Luis M. Mitre Salazar, Jorge A. Arzate Flores, Psevolod Yutsis y Moisés G. Arroyo Contreras
UNICIT, UNAM, Campus Juriquilla

Se conoce como “Valle de Querétaro” a la depresión topográfica donde se asienta la ciudad de Santiago de Querétaro, en el estado de Querétaro. El río Querétaro, la corriente principal del área, lo atravieza de Este a Oeste en su parte media, dividiéndolo superficialmente en un sector Norte y un sector Sur. Su altitud sobre el nivel del mar oscila alrededor de la cota 1800.

Las rocas que afloran en ambos sectores constituyen diversas unidades litológicas que pueden ser acomodadas en una columna estratigráfica que va desde el Cretácico tardío hasta el Cuaternario. Paleogeográficamente pertenecen a los dominios de la Sierra Madre Oriental, de la Sierra Madre Occidental y del Eje Neovolcánico, respectivamente.

La columna litoestratigráfica está representada por: facies marinas pelítico-calcáreas, plegadas, asignadas al Cretácico superior, que constituyen el basamento de la región y que afloran exclusivamente en Juriquilla; lavas y brechas de composición andesítica probablemente del Oligoceno, que constituyen un sub-basamento del área; diversos términos riolíticos y dacíticos del Mioceno, así como productos basálticos y andesíticos del Plioceno. Diversas facies clásticas y volcánoclasticas lacustres intercaladas en esas series, así como un cuerpo intrusivo encajonado en las rocas cretácicas completan la estratigrafía del área.

Estructuralmente lo que se ha denominado “Valle de Querétaro” corresponde a un graben de orientación sensiblemente Norte-Sur, limitado al Oriente por la falla Santa Rosa Jáuregui-Los Olvera, conocida localmente como falla Central o de 5 de Febrero, y al Poniente por una falla que se puede seguir fácilmente desde el rancho San Miguelito al Norte, hasta la hacienda Balvanera al Sur, pasando por Mompaní y Tlacote el Bajo, conocida localmente como falla Poniente o de Tlacote. Este pequeño graben (de unos 7 kms. de ancho) se inscribe dentro de otro de mayor amplitud (de unos 20 kms. de ancho) y con la misma orientación, limitado al Este por la falla La Solana-El Tángano, conocida localmente como falla Oriental, y al Oeste por la falla Obrajuelos-San Bartolomé; esta última en territorio guanajuatense. Este fallamiento afecta a toda la columna estratigráfica, y algunos estudiosos del área lo relacionan con la que se da en llamar sistema de fallas Taxco-San Miguel Allende.

El fallamiento Norte Sur intercepta casi ortogonalmente a otro, anterior, de orientación entre E-W y ENE-WSW, que ha sido relacionado con el sistema de falla Tula-Chapala, característico del Eje Neovolcánico. En mascarado bajo formaciones volcánicas posteriores. la cartografía geológica nos ha permitido evidenciar estructuras importantes como la falla Menchaca al Norte y la falla Cuesta China-Villa Corregidora al Sur. Estas fallas de hecho configuran otro graben orientado casi E-W que forma la depresión donde se asienta la parte histórica de la ciudad de Santiago de Querétaro. El curso del río Querétaro que atravieza el valle de Oriente a Poniente, es indicativo de estructuras con esa orientación.

Este fallamiento es el responsable del levantamiento de las rocas basales que afloran en Juriquilla.

Las rocas basales por su parte, han sufrido además una deformación compresiva seguramente de edad laramídica que les ha impuesto un plegamiento intenso de planos axiales sensiblemente orientado N-S, recumbentes hacia el E.

El conocimiento fundamentado de la estratigrafía y la estructura del “Valle de Querétaro”, es imprescindible para entender los problemas más agudos que afectan el entorno urbano de la ciudad de Santiago de Querétaro, como son los agrietamientos y subsidencia de terrenos y el agotamiento de los recursos acuíferos subterráneos. Conocer el grado y tipo de relación entre la naturaleza y las acciones humanas, permitirá establecer los fundamentos para sustentar un desarrollo armónico entre el hombre y su entorno físico.

GET-38 CARTEL

GEOLOGÍA DEL GRABEN DE AGUASCALIENTES. ESTRATIGRAFÍA Y ESTRUCTURA DEL ENTORNO DE LA CIUDAD DE AGUASCALIENTES, MÉXICO

Juventino Martínez Reyes, Jorge A. Arzate Flores, Psevolod Yutsis, Luis M. Mitre Salazar y Moisés G. Arroyo Contreras
UNICIT, UNAM, Campus Juriquilla

El graben de Aguascalientes es una estructura tectónica que atraviesa de Norte a Sur al estado de Aguascalientes, dividiéndolo en dos partes iguales. Morfológicamente constituye una depresión topográfica conocida como “Valle de Aguascalientes”, de unos 20 kms. de anchura máxima (en sus extremos norte y sur) y unos 10 kms. de anchura mínima (parte central). La ciudad de Aguascalientes se localiza sobre la parte centro-meridional de ese valle, hacia su porción más oriental.

A nivel regional el graben de Aguascalientes afecta rocas marinas mesozoicas y rocas continentales cenozoicas que han sido asignadas tradicionalmente a facies triásicas, jurásicas y cretácicas del dominio de la Sierra Madre Oriental las primeras, y a series paleógenas y neógenas características de la Sierra Madre Occidental. Los trabajos que venimos realizando en el área que entorna la ciudad de Aguascalientes, nos han permitido determinar que esas rocas constituyen diversas unidades litológicas que pueden agruparse en dos conjuntos estratigráficos claramente definidos: uno inferior, plegado y con un ligero metamorfismo regional de bajo grado (esquistos verdes), que constituye el basamento de la región; otro superior, sin más deformación que un importante fallamiento vertical, que representa la cubierta.

El basamento está representado, en sucesión estratigráfica, por el Complejo Filoniano La Tomatina, la Serie Volcanosedimentaria Cienaguitas y la Secuencia Pelítico-Calcrea Atarjea; los afloramientos de estas unidades que hemos definido informalmente, son reducidos.

El complejo filoniano está constituido por facies plutónicas tonalíticas y dioríticas, atravesadas por numerosos filones o diques de diabasa; es correlacionable con el Complejo Filoniano Santana de probable edad jurásica que aflora al NW de la ciudad de Guanajuato. La serie volcanosedimentaria está constituida por una sucesión de derrames basálticos almohadillados, sedimentos lutítico-arenosos silicificados y pedernal; con base a los radiolarios

que contienen, estas rocas han sido ubicadas en el Jurásico tardío. Estas dos unidades afloran en el área de La Tomatina y su relación es tectónica. La secuencia pelítico calcárea aflora 10 kms. al NW de las anteriores, en el rancho El Varal, sobre el arroyo La Atarjea. Se trata de una secuencia de lutitas apizarradas y calizas recrystalizadas con nódulos de pedernal; sin fauna, su edad es imprecisa.

Las unidades basales no pertenecen al dominio de la Sierra Madre Oriental. Su litología y su acusado metamorfismo regional (esquistos verdes) permiten considerarlas, respectivamente, como los testimonios de las raíces del arco del terreno Guerrero, de la cuenca intraoceánica de Arperos y de la sedimentación postvolcánica de esa misma cuenca.

La cubierta por su parte está representada por una secuencia de diversos términos riolíticos terciarios, coronada por una formación volcanoclástica y/o por derrames basálticos cuaternarios. Aparece más completa al Oeste del graben, en donde fue considerada primero del Oligoceno, y luego datada del Eoceno temprano; al Este solo aflora las facies volcanoclásticas del Pleistoceno. Las rocas terciarias son típicas de las secuencias de la Sierra Madre Occidental, mientras que las cuaternarias lo son de las fosas y cuencas del centro del país.

El graben de Aguascalientes muestra un flanco occidental topográficamente más alto en relación a su flanco oriental. Aparece así como una estructura asimétrica, formado por tres fallas: una oriental, una central y una occidental. El flanco occidental es un flanco escalonado y el graben propiamente dicho está formado por la falla oriental y la falla central; esta última, que no aflora, es evidenciada por el curso del río San Pedro que corre a la mitad del valle. Estudios geofísicos en curso confirman esta interpretación estructural.

El fallamiento Norte-Sur que dio origen al graben y valle de Aguascalientes, refleja únicamente la actividad tectónica más reciente. Enmascara estructuras anteriores igualmente importantes que tanto a nivel local como regional se manifiestan por un fallamiento de orientación NE-SW. Estas a su vez interceptan fallas de orientación sensiblemente ESE-WNW. Se trata evidentemente de las fases tectónicas distensivas terciarias y cuaternarias; estas últimas aún activas, como lo prueba la débil pero verificable actividad sísmica en la región.

Por lo que se refiere a las rocas basales, estas muestran, además de los esfuerzos distensivos terciarios, una deformación compresiva importante que produce pliegues recostados hacia el NE, misma orientación, acompañados de cizallamientos subhorizontales que a veces se traducen como cabalgaduras importantes. Esta deformación debe relacionarse con movimientos tectónicos laramídicos.

El conocimiento de la estratigrafía y la estructura del graben de Aguascalientes, es determinante para entender los fenómenos de agrietamientos y subsidencia de terrenos que afectan al conglomerado urbano de la ciudad de Aguascalientes, así como el agotamiento del agua subterránea que utiliza. Este trabajo pretende contribuir a ese conocimiento, considerando que la ciencia geológica es la herramienta fundamental para establecer el grado y tipo de relación entre ambos fenómenos, así como la influencia del entorno geológico.

GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA DEL ARCO ESTRUCTURAL “TECAMACHALCO-TEHUACAN-CALIPAM”

Mariano Humberto Eguiza Castro
Instituto de Geología, UNAM

Al sur de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), la deformación laramídica ha sido interpretada como la prolongación de la Sierra Madre Oriental. Sin embargo, una observación más cuidadosa muestra que la geometría, la cinemática y el estilo de la deformación laramídica y Terciaria, difieren significativamente al sur y al norte de la FVTM. El macizo Mixteco-Oaxaqueño constituye un bloque cortical, cuyos límites son anisotropías corticales que han influido de manera sustancial en la deformación laramídica y en la tectónica postorogénica del sur de México.

En el presente trabajo, se estudia la geometría y la cinemática de las estructuras que bordean al macizo Mixteco-Oaxaqueño en su porción nororiental, en lo que aquí se denomina el “Arco Estructural Tecamachalco-Tehuacán-Calipám”. En el desarrollo de este estudio se identificaron nueve unidades litológicas diferentes cuya edad va del Jurásico Tardío al Neógeno. Además, se realizó la caracterización geométrica e interpretación de las estructuras mayores que se desarrollan dentro del área de estudio.

A partir de la identificación de las unidades litológicas y de la caracterización de las estructuras mayores se elaboraron 4 secciones geológico-estructurales, con una dirección aproximada NE-SW. La elaboración de estas secciones permitió mejorar el control estratigráfico, la caracterización geométrica de las estructuras y la documentación de las variaciones en el estilo e intensidad de la deformación.

Las conclusiones principales que se desprenden de este estudio son: a) que el macizo Mixteco-Oaxaqueño influyó de manera notoria en la deformación Laramídica (Cretácico Tardío-Paleoceno) y en la fase extensional postlaramídica de edad terciaria, controlando la geometría y la cinemática de las estructuras observadas en el área de estudio; b) que existen fallas inversas profundas que afectan a rocas del basamento además de las fallas inversas intermedias y someras que afectan a la cobertura; c) el grado de deformación es progresivamente menor de SE a NW; d) dentro de la zona más deformada, ubicada en la porción SE del área de estudio, la deformación disminuye progresivamente hacia el Oriente, y de manera general, el mayor grado de deformación siempre se ubica adyacente al valle de Tehuacán; e) La dirección de acortamiento regional mayor tuvo una dirección E-W; f) Las direcciones de acortamiento deducidas de las estructuras que se observan en la cobertura (pliegues y cabalgaduras) y que forman el arco estructural Tecamachalco-Tehuacán-Calipám son predominantemente NE; deducimos que estas estructuras se formaron por el movimiento gravitacional de la cobertura sedimentaria en respuesta al levantamiento del basamento durante la fase de compresión regional E-W.

GEOMORFOLOGIC AND MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE MORELIA-ACAMBAY FAULT SYSTEM, CENTRAL TRANS-MEXICAN VOLCANIC BELT. PRELIMINARY RESULTS AND INTERPRETATIONS

Ewa Szykaruk
Geophysics Institute, UNAM

The Morelia-Acambay fault system (MAFS) cuts longitudinally the central part of the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) that strikes roughly E-W across central Mexico related to subduction along Middle America trench. The MAFS is a roughly 200 km long and 15 to 60 km wide structure. It is one of the most prominent features of this part of TMVB and consists of various fault segments, oriented WSW-ENE to WNW-ESE, with fault scarps up to 500 m high, located to the north of active volcanoes. The activity of MAFS controls the deformational history and sedimentary record of the region at least since late Quaternary and possibly since Miocene. On some of these faults historical seismicity has been registered.

Here I present some preliminary results of the regional scale morphometric and geomorphologic study of the portion of southern MAFS located between Altamirano volcano to the east and westernmost Cuitzeo lake. The study consists of lineament and fault scarp identification on shaded digital elevation models, elaboration of altitude maps, slope inclination maps, topographic profiles, normalized river profiles, drainage density maps and of fault scarp mapping and identification of associated deposits and collapse scars on aerial photos, with subsequent field verification.

The MAFS forms a central depression oriented E-W and occupied by a series of fluvio-lacustrine basins. Transversal, morphologically higher areas oriented NNW-SSE and volcanic edifices separate these basins. The western part of the system features four basins that are, from north to south: Cuitzeo half-graben, Queréndaro-Tarímbaro half-graben, Morelia half-graben and Cointzio half-graben. The latter three are distributed in an en echelon, left-stepping arrangement. The Maravatío half-graben and the Venta de Bravo depression, which forms the eastern prolongation of the former, occupy the central part of MAFS while the Acambay graben occupies its eastern part. The Los Azufres volcanic centre and the area of Acámbaro located to the north of it divide the western basins from the Maravatío depression. The lowermost part of this area lies some 600-m above Cuitzeo lake to the west and 400 m above Maravatío depression to the east. Easternmost Cuitzeo lake shares some properties of the Los Azufres-Acambay region. The Altamirano volcano and the vicinity of Santa María Cancheshdá to the SE of it divide the Acambay graben and the Venta de Bravo depression, although the characteristics of the latter make it similar to the transverse high-lying areas rather than to the basal parts of the central depression.

The altimetric map and topographic profiles clearly show two important features of the studied part of MAFS: (1) the floor of central depressions is step-like, dropping from east to west. This drop is systematic in the way that the floor of each fluvio-lacustrine basin is 200 m lower than the floor of its eastern neighbor. It may be the effect of pre-existing structure or, alternatively, the expression of some component of collapse towards the west. (2) The

north-south profiles show similar trends, with depression floors dropping to the north. This suggests that deformation migrates and becomes progressively greater towards the north. Various features make the basinal parts of the system different from the transverse high-lying areas, among them the two most important are: (1) the fault distribution that is somewhat diffuse in high-lying areas and almost completely restricted to depression limits in basinal portions of the system and (2) the change in the system geometry that leads to formation of grabens in high-lying areas and half-grabens in basinal parts, except for the Acambay graben. Drainage density maps and normalized river profiles suggest uplift in both NNW-SSE oriented margins of Maravatío depression and intense uplift of fault footwalls immediately to the south of Cuitzeo lake, the Charo segment further south, part of the Venta de Bravo fault east of San Miguel volcano and the La Trasquila fault in the NW border of the Los Azufres caldera.

GET-41 CARTEL

GRAVITY ANOMALIES AND CRUSTAL STRUCTURE OF THE GUERRERO AND MIXTECA TERRANES, CENTRAL-SOUTHERN MEXICO

Frank García-Pérez and Jaime Urrutia-Fucugauchi
Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM
Deleg. Coyoacan, 04510, D.F., Mexico

Crustal models derived from gravity data are used to investigate on the nature of the terrane tectonic boundaries and the lower crust and metamorphic-crystalline basement in the northeastern sector of the Guerrero terrane and northwestern sector of the Mixteca terrane, southern Mexico. The study area lies at the southern limit of the active magmatic arc of the Trans-Mexican volcanic belt (TMVB). The Bouguer gravity anomaly field is characterized by a roughly E-W regional gradient with more negative anomaly values towards the NE. A wide strong gradient anomaly zone oriented NW-SE separates a western Altamirano sector with long wavelength anomalies from an eastern sector with shorter wavelength negative anomalies. The regional field defined in the upward analytical continuation maps is characterized by a negative anomaly zone in the central-northern sector and a positive anomaly zone at the southwestern sector, which give rise to the regional anomaly pattern. The Guerrero-Mixteca terrane boundary is not strongly manifested in the regional Bouguer gravity anomaly field. Two-dimensional crustal models are used to constrain the structure along three ESW-NNE profiles (P-1, P-2, and P-4) perpendicular to the NNW-SSE regional gradient zone and along a NW-SE profile (P-3) across the eastern sector.

GET-42 CARTEL

MODELO TECTONICO PARA BAHIA CONCEPCION, B.C.S.

Ledesma-Vazquez, Jorge
Facultad de Ciencias Marinas, UABC

Se propone un modelo de evolución tectónica para Bahía Concepción que involucra una fuerte componente del tipo de core complex, que difiere esencialmente de los modelos extensionales aplicados al describir la margen del Dominio Central de Baja California. De acuerdo a trabajo previo sobre este tipo de modelos, se reconoce dos etapas principales, ambas de tipo extensional. La

primera de ellas asociadas con eventos definidos dentro del evento de Basin and Range durante el Mioceno, caracterizada por un desarrollo típico de medio graben a lo largo de la margen. La segunda etapa corresponde a una reactivación de un área previamente extendida durante el Plioceno inferior, limitada longitudinalmente por zonas de acomodamiento e involucrando la presencia de detachments, tal como el de Santispac que corresponden a las partes superior de los bloques involucrados y el más importante, que se propone se presenta en el contacto entre el basamento regional representado por granitoides cretácicos y la secuencia del Grupo Comondú esencialmente volcánica, que constituye a su vez el basamento local. El plano de deslizamiento caracterizado por el contacto aflora en península Concepción, generando el afloramiento del basamento regional en las partes más altas de la península a los 400 metros. Los abanicos aluviales presentes en península Concepción, son aún más recientes y asociados quizás con eventos muy recientes.

GET-43 CARTEL

ONSET OF CONTINENTAL TRUNCATION OF SOUTHWESTERN MEXICO IN LATE CRETACEOUS TIME

J.C. Guerrero-Garcia and E. Herrero-Bervera
Instituto de Geología, UNAM, Mexico
SOEST-HIGP, Univ of Hawaii at Manoa, USA

As geological, geophysical and geochemical evidence keeps accumulating over the years, there seems to be a growing general acceptance that the Chortis block (nuclear Central America) occupied a position further to the NW along the present-day margin of southwestern Mexico, sometime between Early Jurassic and Neogene time. The controversy resides no longer in the sense of motion along the coast but on the timing of events and in the latitude that the Chortis block occupied at the time of detachment. Previous studies mainly confined to the northern margin of the Chortis block, confirmed a left-lateral displacement of 130 km in Neogene times. Further studies made northwestward along the Mexican coast provided a better understanding of magmatic and metamorphic processes, and suggested times of detachment increased to 30 Ma (Wadge & Burke, 1983), 40 Ma (Schaaf et al., 1995), and 66 Ma (Herrmann et al., 1994). The pre-detachment westernmost position of the block has changed, depending on the tectonic model chosen, from Puerto Vallarta and beyond, to the current position.

We contend that several indicators, namely: (1) The truncated nature of the Pacific coast of SW Mexico; (2) The genesis of the Kula-Farallon ridge at 85 Ma; (3) The 2,600 km of northward transport of the Baja British Columbia from the present-day latitude of the Baja California Peninsula beginning at 85 Ma; (4) The paleomagnetic counterclockwise rotations of areas both in the Chortis block and along the Mexican coast, during Late Cretaceous-Paleogene time, and (5) The systematic decrease of radiometric dates beginning at 85 Ma in Puerto Vallarta, point all them to this time, region and mechanism for the onset of strike-slip drifting of the Chortis block toward its current position.

GET-44 CARTEL

VULCANISMO Y DEFORMACIÓN DURANTE LA TRANSICIÓN SIERRA MADRE OCCIDENTAL - FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA EN EL CENTRO DE MÉXICO

M.T. Orozco-Esquivel, S.A. Alaniz-Álvarez y A.F. Nieto-Samaniego

Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM

Apdo. Postal 1-742, Querétaro, Qro., 76001, México

En la región comprendida entre San Luis Potosí y Querétaro convergen tres provincias geológicas: la Provincia Volcánica Sierra Madre Occidental (PVSMOc), la Sierra Madre Oriental y la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). El patrón de fallas en esta región está constituido por fallas reactivadas de tres sistemas regionales: El sistema de fallas N-S Taxco-San Miguel de Allende, los sistemas NW-SE del Bajío y San Luis de la Paz-Salinas Hidalgo (SLP-SH) y el sistema NE-SW Chapala-Tula. Con base en la estratigrafía y el estudio de las fallas, se documentaron cuatro eventos principales de deformación:

1) En el Oligoceno, un evento de deformación con dirección de máxima extensión ~E-W activó el sistema N-S (Fallas San Miguel de Allende y Querétaro-norte), los sistemas de fallas NW-SE del Bajío y SLP-SH y el sistema NE-SW (Fallas La Joya e Ixtla, graben de Villa de Reyes, graben de la Saucedá y graben de Comanja). El pico de la deformación (30-27 Ma) coincide con el emplazamiento de grandes volúmenes de lavas e ignimbritas, principalmente riolíticas. Esta fase de deformación y vulcanismo está presente en la porción norte del área (Mesa Central).

2) Entre 24 y 16 Ma se presenta un hiatus tanto en el vulcanismo como en la deformación. En el Mioceno medio (12-9 Ma) la deformación ocurre en la porción sur del área, con dirección de extensión máxima ENE-WSW, activando fallas de los tres sistemas: sistema N-S (Fallas San Miguel de Allende y Querétaro-norte); sistema NW-SE con desplazamiento mínimo (sistema de fallas del Bajío); sistema NE-SW (Fallas Palo Huérfano y La Joya). Este evento coincide con el vulcanismo poligenético del Mioceno medio (Volcanes Palo Huérfano, La Joya, Zamorano, San Pedro).

3) En el Mioceno tardío (7.5-5.6 Ma) la dirección de extensión máxima cambió a NE-SW y la deformación migró hacia la porción SE de área, reactivando sólo dos de los sistemas: sistema N-S (fallas Querétaro-centro, 5 de Febrero, San Bartolomé, Tlacote); sistema NE-SW (Fallas Ixtla, Central, Dique El Patol). Durante este evento se depositó el Volcanoclástico Querétaro y se emplazó vulcanismo máfico, principalmente fisural.

4) Un evento pliocénico-reciente (< 5.6 Ma) con dirección de extensión máxima NNW-SSE a N-S activó numerosas fallas del sistema NE-SW (Chapala-Tula). El sistema N-S también liberó deformación durante este evento (Fallas Sanfandila, Querétaro-sur). Este evento se ubica en el extremo SE del área de estudio y corresponde típicamente a la deformación del centro de la FVTM en el sistema Chapala-Tula. Sincrónicamente, ocurrió un evento de vulcanismo poligenético emplazado a lo largo de la traza de la Falla Taxco-San Miguel de Allende (volcanes Cimatario, Cerro Grande, Altamirano y caldera de Amealco).

Se concluye que cada evento post-eocénico reactivó como fallas normales al menos dos de los sistemas de fallas preexistentes, permitiendo deformación tridimensional. Entre el Oligoceno y el Reciente, el vulcanismo y la deformación migraron hacia el SE, existiendo entre ambos una relación directa, espacial y temporal, que indica que fueron eventos sincrónicos. En ese mismo periodo, se documenta un cambio en la dirección de máxima extensión de ~E-W a ~N-S.