

GET-01

ANÁLISIS DEL FRACTURAMIENTO EN LA DEFORMACIÓN DEL ÁREA DE SAN JOAQUÍN, QUERÉTARO

Sergio Yussim y Gustavo Tolson

Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM

El área estudiada se encuentra en la región central de la Sierra Madre Oriental, en donde aflora una columna sedimentaria con las formaciones Trancas, El Doctor, Tamaulipas y Soyatal, abarcando un intervalo temporal desde el Kimmeridgiano hasta posiblemente el Campaniano. Esta secuencia fue afectada por un evento de deformación de edad laramídica, caracterizado por pliegues y cabalgaduras en donde el estilo de deformación es controlado principalmente por la geometría y litología de los bancos carbonatados. La dirección de transporte durante la deformación fue hacia el NE.

Uno de nuestros objetivos de trabajo fue el estudiar las fracturas rellenas de cuarzo y calcita (vetillas). Se han definido al menos 5 sistemas de estas, con espesores que varían de un milímetro hasta un par de decímetros, con rellenos de calcita y cuarzo. De estos sistemas de vetillas, al menos uno, presenta un segundo periodo de deformación sobrepuesto; en la Formación Trancas tiene una orientación S40°E, 54°SW, y en la Formación Soyatal S05°E, 52°SW. En estas estructuras se han observado pliegues isoclinales, a escala centimétrica, con vergencia hacia el noreste, con un segundo plegamiento, muy abierto, en la dirección NW-SE. En otro sistema con rumbo S45°E y buzamiento al SW, asociado a la estratificación, se presentan vetillas-falla como resultado del movimiento capa a capa, en donde se aprecia toda una gama de estrías que van desde las verticales hasta las horizontales. En algunos casos estas muestran una trayectoria recta, mientras que en otros la trayectoria es sinuosa y compleja. Las relaciones de campo indican que las estrías horizontales parecen ser las más recientes.

Adicionalmente, en el área se observaron fallas con orientación NW-SE, que buzaban en general hacia el SW, con movimiento lateral derecho y componente normal. En este sistema y en otro, orientado E-W, se emplazó una serie de diques basálticos con espesores desde uno a tres metros.

Estos datos pueden ser explicados por dos hipótesis: a) la continuación de la fase compresiva NW-SE con una reorientación NE-SW de la deformación, en una fase tardía, debido a la morfología de la zona de despegue, y b) la existencia de otra fase diferente de deformación compresiva, orientada NW-SE.

GET-02

DETERMINACION DEL TIEMPO DE GENERACIÓN DE UNA ESTRUCTURA CABALGANTE, EJEMPLO LA CABALGADURA DE LA SIERRA DEL DOCTOR EN QUERÉTARO

J.J. Valencia Islas¹, R. Hernandez Jauregui¹ y V. Gonzalez Casildo²¹ Análisis de Cuencas, Instituto Mexicano del Petróleo² Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN

El tiempo en que una estructura tectónica se genera, es uno de los factores de incertidumbre en los estudios de geología estructural. En el ámbito petrolero el conocer cuanto lleva una estructura en formarse y estimar la velocidad del desplazamiento de las fallas tiene importancia relevante en el modelado numérico de la generación de hidrocarburos.

Esta investigación tuvo como objetivo conocer el tiempo de generación de la cabalgadura del banco calcáreo del Doctor que se localiza en el límite de los estados de Querétaro e Hidalgo, aplicando en estudios de campo, un método de análisis tectónico estratigráfico y micropaleontológico. Posteriormente con los parámetros obtenidos se realizó una simulación numérica informática

Se caracterizaron los sedimentos originados por la erosión contemporánea a la deformación en 5 secciones, los cuales constituyen importantes indicadores cronológicos. Estos sistemas de tipo turbidítico del Turoniano han sido denominados como Formación Soyatal en la región.

El tiempo calculado para la generación de la estructura fue de 7 M.A. el cual fue examinado en un modelo numérico progresivo por medio del programa Thrustpack. Se observa en los sedimentos sintectónicos una tasa de sedimentación de 0.1 mm/año, con un acortamiento 3.6 % y una velocidad de la falla 0.4285 mm/año.

Se concluye que la generación de las estructuras plegadas y cabalgadas son en intervalos de diferentes velocidades, pero en términos generales la cabalgadura del Doctor llevo en formarse aproximadamente 7 M.A.

GET-03

HYDROGEOLOGIC AND TECTONIC INTERRELATIONS OF CENTRAL MEXICO RED CONGLOMERATES

Jesús Nájera-Garza

Hidrogeología Regional, Consultor Privado

The very close interrelations of Tectonics and Hydrogeology, in Central Mexico region, are so outstanding that it seems as if one and the other were simultaneously acting over the upper portion of the crust of the Earth; for most of the more striking tectonic and geomorphic features, on the surface of the land, are very close correlated with fluids, and their influence upon the viscosity and friction forces by which such tectonic and geomorphic features were produced.

The Zacatecas Red Conglomerate depositional basin, is an evidence of some of these characteristics, such as a N-S extension in the very early Tertiary; besides, its more than 100 km East-West

trend is very similar to that of the Guanajuato Red Conglomerate, which was dated as late Eocene-early to middle Oligocene, this fact makes it younger than the middle Paleocene-early Eocene (60-46 Ma) Zacatecas Red Conglomerate, dated by means of pollen grains of *Bernapollenites* sp. near Valparaíso, Zac. Both of these depositional basins, apparently might have some hypothetical correlation, with a very speculative weakness (based on mantle olivine crystals in quite small Q-basaltic volcanoes nearby) under the lower crust, that in the very late Tertiary and the Quaternary caused the outpouring of the TransMexican Volcanic Belt, in Central Mexico.

These taphrogenic structures were later transected by Basin and Range tectonism, in the middle Tertiary, that caused the morphotectonic features which even nowadays are active, probably lubricated by the deep groundwater flow, that also have enriched some ores, once considered to be of hydrothermal magmatic origin. The transcendence of this interrelations is worth considering, in the view of their possible economic importance, in the development or enlargement of some mining districts, located or probably still laying buried, in and under, such hydrogeologic and tectonic provinces; for such interrelative phenomena were or are today still in action. This last possibility, is actually being verified, by means of the assertive use of stable isotopes like $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, D/H, T/H, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{37}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$.

GET-04

LAS MEGACIZALLAS DEL SUR Y ESTE DE MÉXICO: IMPLICACIONES EN LA SISMICIDAD Y VOLCANOLOGÍA ACTUALES

Jaime Rueda-Gaxiola

Unidad de Ciencias de la Tierra, ESIA, IPN

Los bloques tectónicos de Huizachal-Peregrina, Huayacocotla, Tlaxiaco y Chiapas-Yucatán están limitados por las megacizallas de Tampico-Lázaro Cárdenas, Teziutlán-Acapulco, Pico de Orizaba-Laguna Superior y por la gran falla Nautla-Pico de Orizaba (Rueda-Gaxiola, 1998).

El origen de las cuencas sedimentarias mesozoicas y terciarias, así como el tipo y magnitud del depósito en ellas, han dependido de los movimientos verticales y laterales de estos bloques.

La distribución de la actividad sísmica en México, comprende principalmente la región hacia el SE de la Megacizalla de Tampico-Lázaro Cárdenas en los bloques de Huayacocotla, Tlaxiaco y en la parte SW del Bloque de Chiapas-Yucatán. Los sismos de mayor magnitud se presentan en sus oarles marginales.

Los focos sísmicos, en la zona de subducción de la Fosa de Acapulco, tienen una distribución vertical y horizontal relacionada con las características marginales de los bloques subducidos por las placas de Rivera y de Cocos, así como por su velocidad de subducción. La Brecha de Acapulco corresponde al Bloque de Huayacocotla, que está hundido con relación a los marginales de Huizachal-Peregrina y de Tlaxiaco.

La actividad volcánica en el Cinturón Volcánico Transmexicano, geográfica y temporalmente, está relacionada más con el proceso distensivo, originado por la dirección de la subducción de las placas de Rivera y de Cocos, que motivó el desplazamiento del Bloque de Chortis, que con el compresivo que

ésta origina. El cinturón no es el arco volcánico de la zona de subducción. La distribución de las principales calderas volcánicas coincide con la de las megacizallas de Tampico-Lázaro Cárdenas y de Teziutlán-Acapulco.

Los cauces de los principales ríos están controlados por las megacizallas y por los sistemas de fallas asociados a ellas.

GET-05

ESTRATIGRAFÍA Y DEFORMACIÓN EN EL SECTOR CENTRAL DE LA SIERRA DE ZACATECAS

Olvera-Carranza K.P.^{1,2}, Centeno-García E.² y Chávez-Cabello G.²¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL² Instituto de Geología, UNAM

El área de estudio se localiza en el sector central de la Sierra de Zacatecas. Ahí aflora la secuencia volcanosedimentaria de la Formación La Borda del Cretácico, que forma parte del terreno Guerrero y representa uno de los afloramientos más próximos al límite norte con el terreno Sierra Madre. La Formación La Borda está constituida por dos miembros: 1) El miembro Pánuco, que está conformado por un volumen considerable de derrames basálticos y andesíticos almohadillados intercalados con flujos piroclásticos y, 2) El miembro Ciprés, que es una secuencia sedimentaria que contiene capas de pedernal con microfósiles de radiolarios, tobas, flujos piroclásticos, lutitas calcáreas y areniscas. Ambos miembros están cortados por diques diabásicos y gabroicos, intercalados tectónica y deposicionalmente entre sí. Por sus asociaciones litológicas se interpreta que la Formación La Borda se depositó en un ambiente de cuenca «tras arco» profunda y es correlacionable a la Formación Chilitos, en Fresnillo, y a la secuencia volcanosedimentaria de la localidad de El Saucito, en Zacatecas, ambas del Cretácico.

Esta secuencia experimentó dos fases de deformación compresiva dúctil-frágil. La primera fase está representada por cabalgaduras cuyo rumbo del plano es NNE, con desarrollo de zonas de cizalla con foliación desde incipiente hasta penetrativa y plegamiento isoclinal en los sedimentos del miembro Ciprés. La segunda etapa desarrolló plegamiento abierto a apretado en la foliación preexistente y formación de kink bands con rumbo NNW. Los indicadores cinemáticos principales dentro de la secuencia señalan una dirección de transporte tectónico hacia el NE. El rumbo de los planos de las cabalgaduras coincide aproximadamente con la dirección del desplazamiento, lo cual puede ser interpretado como producto de un transporte cuya dirección fue oblicua respecto a los planos de cabalgaduras, o bien, a un basculamiento posterior que reorientó dichos planos. Además es posible distinguir un fallamiento extensional más joven que desplaza a las cabalgaduras principales y está representado por fallamiento lateral izquierdo y normal; este fallamiento controla principalmente la mineralización hidrotermal característica del distrito minero de Zacatecas. El metamorfismo presente en la zona es de bajo grado (esquistos verdes) y es producto de la primera etapa de deformación.

GET-06

ANÁLISIS DE UNA SECCIÓN GEOLÓGICA EN LA REGIÓN ARCABUZ-CULEBRA DE LA CUENCA DE BURGOS, NE DE MÉXICO

Arturo Ortiz Ubilla^{1,2} y Gustavo Tolson Jones¹

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

² Instituto Mexicano del Petróleo

La región Arcabuz-Culebra se ubica hacia la porción occidental de la Cuenca de Burgos, una provincia geológica-petrolera que se encuentra distribuida en la Planicie Costera del Golfo de México en la parte oriental de Nuevo León y norte de Tamaulipas. La Cuenca de Burgos se caracteriza con una importante sedimentación clásica cenozoica asociada con fallamiento normal de crecimiento, desarrollada sobre depósitos mesozoicos, cuya evolución se relaciona con la del Embahamiento del Río Grande, del cual se considera su parte Sur.

La sección de estudio tiene una longitud de 45 Km, guardando una orientación sensiblemente ENE-WSW y su interpretación se realizó a partir de una sección sísmica. La secuencia estratigráfica presente comprende un basamento, probablemente de carácter metamórfico de edad paleozoica, y una cubierta sedimentaria Jurásico Medio (?) - Eoceno constituida por varias unidades litoestratigráficas. Estructuralmente, un marcado comportamiento disarmónico de la secuencia permite caracterizarla con dos paquetes mayores: uno con el basamento y las unidades mesozoicas, y el otro con las unidades paleógenas. El primero, a grandes rasgos, exhibe una disposición continua y homogénea a lo largo de la sección y conforma una estructura homoclinal con un echado general hacia el oriente, en donde la secuencia sedimentaria mesozoica se define con un espesor relativamente constante, con excepción de las porciones donde se observan algunos acunamientos de la unidad basal. El paquete paleógeno, por el contrario, se encuentra deformado y afectado por varias fallas normales, la mayoría de forma lítrica y con inclinaciones predominantemente hacia el oriente, las que muestran hasta 55° en sus porciones superiores, sin llegar a afectar la secuencia mesozoica aparentemente, ya que se flexionan y quedan hacia el límite mesozoico-cenozoico. Esto se interpreta como un sistema despegado, el cual se califica como de carácter sintético, teniendo en cuenta la orientación de las fallas principales o mayores, con la presencia de algunas fallas antitéticas. La geometría de las fallas y las unidades afectadas indican una deformación rotacional. Las diferentes unidades de este paquete paleógeno muestran un paulatino engrosamiento hacia el oriente, lo cual parece más relacionado a procesos sedimentarios que estructurales. Esto caracteriza al fallamiento como post-depositacional. Cuando menos dos discordancias regionales se ven afectadas por el fallamiento. Sólo hacia la porción más oriental de la sección se manifiestan engrosamientos en la secuencia Eoceno superior posiblemente relacionado a falla, lo que podría indicar la edad del fallamiento y por lo tanto la zona podría ser una continuación del Sistema de Despeque Eoceno Superior definido en el Sureste de Texas.

GET-07

EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE UNA DEFORMACIÓN POR GRAVEDAD EN EL NORESTE DE SONORA, MÉXICO

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

¹ Instituto de Geología, UNAM

E-mail: jlrod@servidor.unam.mx

² Department of Geology and Planetary Sciences, University of Pittsburgh

Una cartografía reciente al sur de Cananea en el noreste de Sonora, región del rancho San Antonio, revela una compleja secuencia de rocas marinas y continentales no fechadas, las cuales se encuentran localmente deformadas. Estas rocas se utilizan para caracterizar el estilo de deformación que ocurrió a finales del Cretácico Temprano en esta región del estado de Sonora y su posible extrapolación a otras áreas del mismo, así como para validar el modelo que se propone comparándolo con aquellos modelos ya propuestos.

Los procesos por gravedad han creado una variedad de estructuras cuya localización, distribución y estilo de deformación son consistentes con una tectónica extensiva a lo largo de los aproximadamente 120 km de la Falla San Antonio, la cual forma el límite sur del propuesto Alto de Cananea y a la vez la margen norte de la cuenca San Antonio - Banámichi. Grandes bloques carbonatados y de conglomerado son el resultado de movimientos de la Falla San Antonio asociados a extensión.

Al sur de la Falla San Antonio rocas derivadas de la Caliza Mural definen una serie de bloques cuya distribución sugiere procesos asociados a deslizamientos por gravedad. En particular los bloques que se encuentran más alejados de la Falla San Antonio registran un plegamiento orientado noroeste-sureste con vergencia al suroeste, indicando la dirección de deslizamiento hacia un depocentro. El desarrollo de estos pliegues, los cuales se ubican en la base de los bloques, es consistente con modelos donde la gravedad es el factor principal y que puede ser la razón por la que la deformación laramídica es pobremente entendida.

La edad de estas estructuras puede ser inferida a partir de su relación con otros depósitos de edad conocida como son las rocas del Grupo Bisbee y las rocas de la Formación El Tuli, del Cretácico Temprano y del Cretácico Tardío, respectivamente.

El modelo propuesto se desarrolló con la idea de sugerir o proponer que colapsos gravitacionales ocurrieron a fines del Cretácico Temprano lo cual tiene importantes implicaciones geodinámicas tanto para el Cretácico Temprano como para el Cretácico Tardío en esta parte del país.

GET-08

SCALES OF SEGMENTATION OF THE SIERRA JUAREZ ESCARPMENT AND MECHANICAL EVOLUTION OF MESA TRIANGULAR SYNTHETIC ACCOMMODATION ZONE, NE BAJA CALIFORNIA, MEXICO

Ramón Mendoza-Borunda¹, Gary J. Axen², John M. Fletcher¹ and Francisco Suárez-Vidal¹

¹ Depto. de Geología, CICESE

E-mail: rmendoza@cicese.mx

² Department of Earth & Space Sciences, University of California

The Sierra Juarez escarpment is composed of multiple NW-striking fault strands that predominately accommodate right lateral, east-down normal shear. Vertical offset across the faults is ~ 1,500 m. The Mesa Triangular region (MT) in the central Sierra Juarez forms a synthetic accommodation zone at a prominent right step between two of the largest, dextral-normal fault segments that cut the Central Sierra Juárez (CSJ) region. The combined strike length of the two faults is ~60 km. The overlap length of the faults in the MT accommodation zone is at least 4 km and the spacing between them is ~ 2.5 km. In the overlapping zone the two faults form a SE-dipping, broken relay (breached relay) ramp structure of ~ 10 km² where the displacement is transferred between the faults. The secondary faults that cut the relay ramp strike north-south and have a greater dip-slip component of motion. The azimuth of the slip direction on both faults is ESE, and the extension direction obtained from the striae analysis is ENE-WSW. The kinematics of faults in the accommodation zone is more complex; however, most are nearly pure normal faults with EW-trending striae and extension directions.

Fault segmentation is widely recognized to control patterns of seismicity and coseismic surface ruptures. The MT accommodation zone is associated with the most seismically active portion of the Sierra Juarez escarpment. Within the past 25 years, hundreds of earthquakes (four of which had magnitudes (M_s) > 5.0) have been recorded in the MT region by regional seismic networks in northern Baja California and Southern California. Many of the epicenters fall along the trace of the northern fault, but most are located in the footwall of the northern fault and are aligned with the northern extension of the southern fault. Although these two faults are affecting the Miocene and Mesozoic basement rocks and do not cut Quaternary deposits, the distribution of seismicity suggests that they are active.

GET-09

QUATERNARY SLIP ACROSS THE BAJA-PACIFIC PLATE MARGIN: BAHÍA MAGDALENA AND THE SOUTHWESTERN BORDERLAND OF BAJA CALIFORNIA

Fletcher J.M.¹, Eakins B.W.², Sedlock R.L.³, Mendoza-Borunda R.¹, Walter R.C.¹, Edwards R.L.⁴ and Dixon T.H.⁵

¹ CICESE

² Scripps Institution of Oceanography, Geological Sciences

³ San Jose State University, Department of Geology

⁴ University of Minnesota, Department of Geology and Geophysics

⁵ University of Miami, RSMAS, Division of Marine Geology and Geophysics

The continental borderland of southern Baja California is cut by an extensive array of active faults that accommodate slip between the Baja California Peninsula and the Pacific plate. Most seismic activity is associated with the easternmost strands of the array, which are exceptionally well exposed in the Bahia Magdalena (BM) region. In contrast to the gently west-sloping plains of the western peninsula, the islands of BM are topographically rugged and rise to elevations in excess of 500 m. The islands trend parallel to the Baja coast and are bounded on both sides by NW-striking Neogene faults. Faults on the SW margins strike N50°-60°W, dip moderately to steeply in both directions and accommodate normal-dextral slip. An undulating low-angle normal fault can be traced for ~35 km along the NE margin of Isla Santa Margarita (ISM). This detachment fault dips 20-30°NE and is composed of multiple strands that juxtapose blueschist facies metamorphic rocks in the footwall with low grade rocks, predominately metachert and metagreywacke, in the hanging wall. Quaternary scarps, up to 10 m in height, also follow the irregular NE margin of ISM and typically occur in the immediate hanging wall of the detachment. All scarp-forming faults dip NE, but their strikes are highly variable and range from N0°W to N80°W. Abrupt changes in strike of the Quaternary scarps roughly coincide with changes in orientation of the detachment. On southern ISM, one scarp changes strike by 60° and curves around a structural dome defined by a package of foliated cataclastite that may be related to the detachment. The coincidence of the position and orientation of the scarps relative to the detachment suggests that the island-bounding detachment may be active. Faults along both margins of the islands yield subhorizontal extensional kinematic axes that trend N60°E and subvertical contractional kinematic axes.

A diverse assemblage of Quaternary mollusks, ± corals and marine fish and mammal bones, are found in unconsolidated sand and gravel deposits at some of the highest elevations of both islands of BM. This suggests that the islands emerged from below sea level in Quaternary time. Tectonic uplift is recorded by numerous wave-cut terraces. The islands also contain at least three flights of alluvial terraces which formed after their emergence of from below sea level, probably in response to downcutting during glacial lowstands. Marine fossils are found on top of the alluvium, which suggests that the subaerial deposits were periodically submerged below sea level during interglacial high-stands. Four coral samples found on top of the intermediate alluvial terrace (ranging from 20 to 60 m asl) are being dated by U-Th thermal ionization mass spectrometry techniques. All coral samples are fresh and contain 99-100% aragonite, which indicates that they are likely to be no older than

middle Quaternary in age. Based on the total relief of the islands we speculate that they experienced uplift rates of about 0.5 mm/yr over the last several hundred thousand years. Horizontal slip rates would likely be an order of magnitude faster. This component of slip would make the total Pacific-North American plate motion vector faster and more westerly than estimates based on spreading rates at the mouth of the Gulf of California.

GET-10

PLATE BOUNDARY STRUCTURES OF THE NORTHERN GULF OF CALIFORNIA

J.M. Stock¹, P. Persaud¹, A. Martin-Barajas², M. Steckler³ and A. Gonzalez-Fernandez²

¹ Caltech 252-21, Pasadena, CA., 91125, USA

² Depto. de Geología, CICESE

³ Lamont-Doherty Earth Observatory, Palisades, NY., USA

In May and June of 1999 we conducted a 3-week cruise aboard the CICESE ship Ulloa, to do high-resolution multichannel seismic studies of active faulting and seismic stratigraphy in the northern Gulf Basins (principally the Wagner and Delfin basins). We used LDEO's portable high-resolution MCS system with differential GPS navigation; a 48-channel, 600 meter streamer; two GI guns fired every 5 seconds; and recorded sample data for 2-3 seconds with a 1 ms sample rate. We were able to image 1-1.5 seconds in most cases and occasionally see basement down to 1.8 seconds two-way travel time. 48 sonobuoys were deployed using a 10 sec shot interval and recording 7 sec of data to provide constraints on seismic velocities to greater depths. The data reveal the overall pattern of the main Gulf basins as mapped by previous studies but show a wealth of detail concerning the small-scale structure. For example, the connection between the Lower Delfin Basin and the Upper Delfin basin is not a simple transform fault, but rather a complex pull-apart zone, in the center of which volcanic rocks are exposed on the seafloor. The southern end of the upper Delfin basin has an extensive layer of volcanic rocks beneath a thin sedimentary cover. This contrasts with our lines across the Wagner Basin, which image mainly a thick package of sedimentary rocks. Usually, we see no reflectors that could be pre-Gulf basement beneath the sediments, except adjacent to the Puertecitos Volcanic province, where basement reflectors dip fairly uniformly NE into the Gulf and are cut by a series of small-displacement normal faults. By comparison to the coastal geology, these «basement reflectors» are tentatively interpreted to be latest Miocene or Pliocene tuffs of the Puertecitos Volcanic Province, and thus contemporaneous with the development of the early Gulf. One exception to this pattern of dips is the active volcanic center of Isla San Luis, which lies along the projection of a strike-slip fault along which the basement is locally elevated. By comparison to the geological history from the conjugate margins of the Upper Delfin Basin, exposed in coastal Baja California and Sonora, we infer that the zone of diffuse faulting imaged in our seismic sections has formed in lithosphere created since about 6 Ma, and that most of the rocks we see are Pliocene or younger. It appears that the active structures are still somewhat broadly distributed, and that the plate boundary deformation here has not completely localized into discrete spreading centers and transform faults.

GET-11

IMPLICACIONES TECTÓNICAS AL NORTE DE LA CORDILLERA DE MÉRIDA A PARTIR DE MECANISMOS FOCALES, MÉRIDA, VENEZUELA

José Choy¹, Christl Palme² y Maria Morandi¹

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

E-mail: choy@ciens.ula.ve

E-mail: maria@ciens.ula.ve

² Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario "Rafael Rangel" Centro Regional de Investigación Humanística, Económica y Social

Trujillo, Venezuela

E-mail: cpalme@cantv.net

Se estudian las implicaciones tectónicas de 42 mecanismos focales de eventos sísmicos ocurridos en la cordillera de Mérida, 22 de los cuales fueron determinados para este trabajo. La región estudiada se ubica al norte del Páramo de Mucubají, comprendiendo parte de los estados Trujillo, Mérida, Lara y Zulia.

Se encontraron diversos regímenes de esfuerzos en el área bajo estudio, obteniéndose régimen de fallamiento inverso en la zona del piedemonte nor-andino y en el sistema Burro Negro - Mene Grande y un régimen transtensional en la zona comprendida entre las fallas de Boconó y Carache. En esta última zona la falla de Boconó parece dividir dos regímenes tectónicos diferentes, ya que del lado sureste de la falla se obtiene un régimen inverso. También se encontró que actividad sísmica reciente se puede asociar a una posible extensión del sistema Burro Negro - Mene Grande hacia Agua Viva.

GET-12

THE PACIFIC MARGIN OF COSTA RICA RECORDS A LONG HISTORY OF SUBDUCTION EROSION— EVIDENCE AND THOUGHTS ABOUT TECTONIC PROCESSES GOVERNING THE EVOLUTION OF THE MIDDLE AMERICA MARGIN

David W. Scholl¹, Paola Vannucchi² and Martin Meschede³

¹ Department of Geophysics, Stanford University

E-mail: dscholl@pangea.stanford.edu

² Dipartimento di Scienze della Terra Università di Modena

E-mail: paolav@steno.geo.unifi.it

ODP drilling (Site 1042, Leg 170) 7 km landward of the Middle America Trench off the Nicoya Peninsula of Costa Rica encountered a ~30-m-thick sequence of fossiliferous, well-lithified calcarenite breccia at a depth of ~4000 mbsl. Fossil, textural, calcite paragenesis, and sedimentological observations document that the calcarenite was formed, brecciated, and cemented in a nearshore setting. Sr isotope ratios place the depositional age at 16-17 Ma—latest early Miocene—and establish that the breccia section is stratigraphically upright. It is overlain by ~320 m of unconsolidated slope mud and rest unconformably above an older sequence of well-lithified rock of unknown age and type. The unconformity can be traced on reflection records to the Nicoya coast where it crops out and separates Neogene and younger neritic and non-marine beds from underlying early Tertiary and Late Cretaceous basement rocks of deformed sedimentary and mafic igneous units.

The exposed rock framework of the Nicoya Peninsula thus extends seaward below Miocene and younger slope sediment to near the inner trench wall. Here, 16-17 Myr ago, crustal basement rock underlying the Neogene limestone beds must have been at least 10-15 km thick—it is now reduced to ~1 km. Crustal thinning of this magnitude can best be attributed to the consequences of subduction erosion, which, since the early Miocene, has also caused the trench axis to migrate landward at least 50 km (~3 km/Myr).

The Costa Rica observation that subduction erosion rather than accretion controls the evolution of this margin matches the implications of drill data from the Guatemala sector of the Middle America Trench (DSDP Legs 67 and 84), new geophysical studies of the Costa Rica and Nicaragua margins, and published onshore and offshore geologic findings for the southwestern (Acapulco-Huatulco) and central (Jalisco) sectors of the Mexican margin. The reported existence of a wide (20-30 km) and thick (~5+ km) body of accreted oceanic sediment fronting the Guerrero margin appears anomalous and appeals to reconfirmation.

GET-13

SEABEAM IMAGES ALONG THE INNER SLOPE OF THE MIDDLE AMERICA TRENCH — OFFSHORE THE MICHOACAN, GUERRERO AND OAXACA STATES

C.A. Mortera-Gutiérrez¹, N.G. Piasias², A.C. Mix², C. Goldfinger², M.W. Lyle³, L.M. Liberty³, A. Molina-Cruz⁴ and L. Pérez-Cruz⁴

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

² COAS, Oregon State University

³ CGISS, Boise State University

⁴ IMCyL, UNAM

During transit to the Gulf of Tehuantepec in the NEMO-03 oceanographic cruise, the inner slope of the Middle American Trench (MAT) was surveyed and imaged by SeaBeam sonar on the R/V Melville in May, 2000. This SeaBeam survey integrated with other previous SeaBeam surveys along the MAT margin evidence some geotectonic indicators that are shaping the inner trench slope, offshore the Mexican states of Michoacan, Guerrero, and Oaxaca. Offshore Michoacan, SeaBeam images show cross cutting canyons due to river drainage at the inner trench slope, as it was expected for a coastal region with a steep, high forestall, mountain range with an annual large raining precipitation. Echelon ridge structures parallel to the trench trend are observed near the toe of the inner trench slope, resulting from the recent thrusting of the convergent oceanic lithosphere. A large slope slumping site (in a shape of horse bite) is imaged near the canyon of the Rio Balsas. This slumping site could be formed as result of the occurrence of large earthquakes that is characteristic of the region. Offshore Guerrero, the SeaBeam survey imaged few cross-cutting canyon in the trench slope and evidenced few structures that limit our study in the deformation of the inner slope. Offshore Oaxaca, the upper part of the inner trench slope is carved by many cross cutting canyons, as evidenced by the NEMO-03 survey. The Oaxacan continental margin is mainly formed of a Cambrian, cratonic terrane, composed of crystalline rock. This large number of transversal canyons to the inner slope in Oaxaca coast possible indicates that accretion prism in Oaxacan continental margin is reduced in dimensions.

GET-14

COCOS PLATE, TRENCH AXIS, AND NEAR TRENCH ACCRETIONARY PRISM STRUCTURE OFF GUERRERO AND OAXACA

Nancy Kanjorski and LeRoy Dorman
Scripps Institution of Oceanography, UCSD

We present complete bathymetric maps of the Middle America Trench between 95 and 102 Degrees W. This data defines the subducting Cocos Plate structure, trench, and near-trench accretionary prism morphology compiled primarily over the last six years from SeaBeam 2000 and 2100 multibeam data. New magnetic anomaly maps which provide age information of the Cocos plate and allow an interpretation of the origin and history of the structure are also presented.

We find that previous assumptions about the intersection and subduction of the East O'Gorman Fracture Zone at the Middle America Trench are incorrect. There is no evidence magnetically or structurally that the East O'Gorman Fracture Zone exists near the trench axis. There are several linear seamount chains that intersect the subduction zone along this margin which promote the breakup of the subducting plate into discrete crustal slivers. This is supported with earthquake evidence and potentially has profound influences on the shallow subduction zone seismicity.

The trench axis morphology has been influenced by the subducting structure of the Cocos Plate. We find sediment pools along the axis separated by the structural highs of unfractured subducting seamounts. These traps likely influence the volume and distribution of sediments entering the «subduction factory» which in turn may provide distinct seismic wave guides. We have no direct knowledge of the down dip extent of these subducting seamounts and therefore can not recommend their invocation to explain inland volcanic tracers.

The influence of the perpendicular intersection of linear volcanics are evident along the accretionary wedge. The subducting seamounts have gouged small erosional scours into the prism. These seamounts appear to be entering the trench axis intact and we find morphologic evidence of their structure descending into the subduction zone unbroken beneath the accretionary prism.

GET-15

AN INTERPRETATION OF SUBDUCTION ZONE DYNAMICS USING GPS OBSERVATIONS: WHAT POSTSEISMIC DEFORMATION MIGHT TELL US ABOUT FAULT SLIP

Wallis Hutton¹, Chuck DeMets², Osvaldo Sanchez⁴, Joann Stock³ and Gerardo Suarez⁴

¹ University of Washington

² University of Wisconsin

³ Caltech

⁴ UNAM

Subduction zone kinematics have been extensively studied worldwide. These data are collected in an effort to understand how subduction zones behave during the coseismic portion of the earthquake cycle. Kinematic data show how a subduction zone ruptures but do not provide information about why afterslip is often

observed. The next logical step for a more thorough understanding of the subduction process uses kinematic data as the basis for testing dynamic models.

The Jalisco GPS network provides high quality kinematic data spanning the (Mw=8) Colima-Jalisco earthquake of 9 October 1995. We use this GPS geodetic data to test two models that may describe the mechanism responsible for postseismic fault slip. Non-linear inversions of the horizontal time series can be used to determine whether crustal motion described by the displacement is best fit by a logarithmic or an exponential expression. A logarithmic curve describes rate and state variable frictional (RSVF) behavior thus implying continued slip on the subduction fault plane. An exponential expression, on the other hand, suggests that viscoelastic behavior may predominate via relaxation of the lower crust. A reasonable fit using either method could imply that the mechanisms responsible for afterslip are more complex than for coseismic rupture and perhaps consist of a combination of elastic and viscoelastic processes.

GET-16

ANÁLISIS DE PALEOESFUERZOS UTILIZANDO FALLAS EN LA PARTE NORTE DE LA CURVATURA DE MONTERREY

Cossio-Torres T., Chávez-Cabello G. y Peterson-Rodríguez R.H.

Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

La característica geomorfológica más importante dentro de la provincia de la Sierra Madre Oriental (SMO), lo constituye su parte norte la cual es conocida como La Curvatura de Monterrey. La SMO está compuesta principalmente por un extenso paquete de rocas sedimentarias carbonatadas y terrígenas de edad Mesozoico, que se depositaron y evolucionaron sobre un basamento Paleozoico y Precámbrico. Esfuerzos compresivos asociados a la deformación Laramídica, ocasionaron los amplios plegamientos y cabalgamientos durante el Paleoceno tardío-Eoceno temprano.

En la porción Norte de la Curvatura de Monterrey, se llevó a cabo un análisis de los patrones deformacionales con la intención de obtener las direcciones de paleoesfuerzos, examinando estructuras como: planos de fallas, fracturas de extensión y de cizalla, ejes de pliegues, planos de estratificación, planos de esquistosidad, juntas y picos estilolíticos en Formaciones geológicas que cubren un rango estratigráfico del Jurásico superior al Cretácico superior. Hasta el momento, los resultados de este estudio han permitido identificar dos direcciones principales de paleoesfuerzos, producto de un solo evento de deformación (Laramídico). Las direcciones de paleoesfuerzo obtenidas son N-S y WNW-ESE. La dominante y más antigua, corresponde a la dirección N-S y está impresa en estructuras como fallas inversas y de rumbo, ejes de pliegues, estilolitas tectónicas, fracturas de tensión y juntas de cizalla dentro de toda la columna litológica del área. La segunda dirección, producto de la inversión de los esfuerzos durante deformación progresiva, corresponde a la WNW-ESE. Este último paleoesfuerzo está registrado en fallas de rumbo paralelas a la estratificación, fracturas en arreglo de escalón, estilolitas tectónicas y en cambios de rumbo e inmersión de ejes de pliegues. La permutación del paleoesfuerzo principal de una orientación N-S, durante la etapa principal e inicial de la deformación Laramídica, a WNW-ESE en la etapa final, al parecer no documentado en la literatura,

interpretamos que debe responder a un control ejercido por la geometría del basamento (Isla de Coahuila y Archipiélago de Tamaulipas.) en el NE de México.

GET-17

DETERMINACIÓN DE PALEOESFUERZOS EN LOS CAÑONES DE LA CASITA, TANQUE NUEVO Y BOCA DE DOMINGO EN EL ANTICLINORIO DE PARRAS, COAHUILA, MÉXICO

Rolando Heberto Peterson Rodríguez y Odranoel Quintero Legorreta

Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

Se realizó un estudio de mesoestructuras con la finalidad de obtener direcciones de paleoesfuerzos en la porción Oriental del Anticlinorio de Parras, Coahuila. Se analizaron poblaciones de juntas, fallas, ejes de pliegues, planos de esquistosidad, clivaje de fractura, estilolitas y arreglos en escalón, en rocas sedimentarias marinas (calizas y lutitas) con un rango estratigráfico Jurásico Superior - Cretácico Superior.

El resultado del análisis de poblaciones de mesoestructuras, permitió identificar 4 direcciones de paleoesfuerzos, los cuales quedan divididos en 2 grupos. El grupo 1 reúne a las direcciones de compresión y el grupo 2 a las direcciones de extensión. Las direcciones de compresión se observan muy bien en toda el área estudiada y se infiere con base a observaciones de campo, que la dirección NNE-SSW ó fase 1 es anterior a la WNW-ESE ó fase 2. La fase 1 está representada por la mayoría de las mesoestructuras analizadas, indicando la dirección principal de compresión en el área de estudio. La fase 2 se representa solo por fallas de rumbo, picos de estilolitas y una posible sinuosidad en los rumbos de los ejes de los pliegues en el ámbito regional. Ambas fases pertenecen a un solo evento asociado a los esfuerzos compresionales de la Orogenia Laramide (Paleoceno-Eoceno). El grupo 2 representado por las direcciones de extensión, presentan una orientación SSW-NNE ó fase 1 y ESE-WNW ó fase 2, las dos fases representadas por fallas normales y localizadas en posiciones cercanas a zonas de charnela en pliegues. Entendiendo los procesos de plegamiento se deduce que la fase 1 es anterior a la fase 2 y que ambas fases corresponden a un control durante los procesos de plegamiento.

GET-18

ESTUDIO ESTRUCTURAL DE LOS SISTEMAS DE FALLAS DE QUERÉTARO, QRO.

Reyes-Zaragoza M.A.^{1,2}, Alaniz-Álvarez S.A.² y Nieto-Samaniego A.F.²

¹ Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

² Instituto de Geología, UNICIT, UNAM

La región de estudio se localiza en la intersección de las provincias geológicas Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y Faja Volcánica Transmexicana; abarca la carta Querétaro 1:50,000 de INEGI y cubre aproximadamente 918 km² de superficie.

La historia geológica de la región tiene registro desde el Mesozoico hasta el Plioceno. Las calizas y lutitas pertenecientes a la provincia de la Sierra Madre Oriental afloran en la localidad de Juriquilla, Qro y se observan plegadas por efecto de la Orogenia

Laramide. Lavas de composición andesítica afloran El Salitre, a esta unidad se le correlaciona con la Andesita El Cedro de 30 Ma.

Al oriente del volcán San Pedro, se observa la presencia de domos de composición riolítica a rodacítica cuya edad se presume oligocénica; están alineados con un tren estructural de dirección NE paralelo al sistema de fallamiento Chapala-Tula. Este evento volcánico se relaciona con un periodo caracterizado por efusiones ignimbríticas de tipo fisural documentado en la Mesa Central. Se asocia esta actividad volcánica con evento de deformación que formó un medio graben con buzamiento al SE, paralelo al alineamiento de los domos.

El emplazamiento de los volcanes La Joya y San Pedro, de composición andesítico-basáltica, se ha atribuido al inicio de la actividad de la Faja Volcánica Transmexicana en el Mioceno hace aproximadamente 10 Ma. Los volúmenes grandes de material piroclástico ampliamente distribuidos en la carta bajo los basaltos de las mesas de Querétaro se correlacionan con los depósitos de estos volcanes, sin embargo no se conoce su fuente.

Hace aproximadamente 8 Ma se emplazaron amplias mesetas de basalto de olivino, éstas fueron levantadas por las fallas del sistema Taxco-Querétaro las cuales posteriormente fueron segmentadas por fallas del sistema Chápala-Tula, formando la actual fosa de Querétaro. En el norte de la carta se encuentra un alineamiento de cuatro edificios volcánicos, uno de ellos fue fechado en 6 Ma, dos son conos cineríticos y el mayor forma mesetas de Basalto. Al dique que los une se les nombra dique El Patol y tiene una dirección NE.

Por ultimo se emplazó el Volcán El Jocoque de composición basáltica, está alineado en una dirección N-S con otras mesetas, se correlacionan con otras fuentes volcánicas de edad pliocénica al sur del aréa.

Basándose en la reconstrucción de la historia geológica y estructural, se pueden determinar 4 cambios en la dirección de los esfuerzos principales en la carta:

1° En el Oligoceno la dirección de máxima extensión fue NW - SE, corroborado por la formación de un medio graben y el emplazamiento de los domos en fisuras con dirección NE.

2° La dirección de la máxima extensión cambió aproximadamente 90° a una dirección ~ E-W, activo al Sistema Taxco-Querétaro formando las fallas Cimatarío, 5 de Febrero, El Tlacote y Obrajuelo; estas fallas cortan a basaltos fechados en 8.1 Ma.

3° El dique El Patol muestra una extensión en la dirección NW-SE hace 6.1 Ma, probablemente en este tiempo se reactivó al sur otra falla paralela que corta a las fallas N-S.

4° El evento de deformación se infiere con extensión E-W por el lineamiento de volcanes pliocénicos sobre la traza de la falla San Miguel de Allende y por el sismo ocurrido cerca de Querétaro en la falla de Sanfandila con dirección N-S y desplazamiento normal. Este evento se considera menor ya no hay registro estratigráfico que evidencie una extensión considerable.

GET-19

LAS ESTRÍAS COMO INDICADORES DE LA ACTIVIDAD SIMULTÁNEA DE FALLAS INTERACTUANTES

Alaniz-Alvarez S.A.¹, Nieto-Samaniego A.F.¹, Morán-Zenteno D.J.² y Reyes-Zaragoza A.¹

¹ Instituto de Geología, UNICIT, UNAM

E-mail: alaniz@servidor.unam.mx

² Instituto de Geología, UNAM

En las últimas décadas, las estrías de falla han sido utilizadas como un indicador dinámico asumiendo que son paralelas al esfuerzo de cizalla máximo resuelto sobre el plano de la falla y que el movimiento de la falla fue independiente de las estructuras que la circundan. En bloques corticales que contienen más de un sistema de fallas, la interacción cinemática entre fallas es un fenómeno común. Deducimos que hubo interacción cinemática entre dos fallas cuando éstas se activaron simultáneamente y el movimiento del bloque limitado por ambas fallas es paralelo a la intersección de ellas. Se genera la interacción debido a que para moverse simultáneamente, el plano que corta requiere, para iniciar el deslizamiento, un esfuerzo de cizalla más grande. El resultado de esta condición es que se producirá una estría paralela a la línea de intersección de las fallas y las demás estrías tendrán direcciones distintas. Con el propósito de establecer la cinemática de regiones que contienen patrones de fallas múltiples se estudiaron casos en la Falla de Oaxaca y a lo largo del sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende.

Dentro de la zona de falla de Oaxaca, se encontraron evidencias de interacción cinemática en la deformación cenozoica, tanto en rocas mesozoicas como miocénicas. En la región de Taxco, la deformación más reciente ocurrió en el Oligoceno con fallamiento lateral izquierdo en las fallas N-S. En el campo de domos riolíticos de Taxco, la interacción de estas fallas con fallas WNW de movimiento lateral derecho y planos preexistentes de rumbo NE, generó un patrón peculiar de fallas que forman bloques teclas de piano. Las estrías evidencian la actividad simultánea de las fallas.

El Sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende limita al oriente al sistema de fallas Chapala-Tula. En varias regiones de la Faja Volcánica Transmexicana, donde las fallas con orientación NE o ENE atraviesan al sistema Taxco-San Miguel de Allende, es posible observar en los datos publicados, que numerosas estrías se ubican en la intersección de los dos sistemas presentes. En la región de Querétaro, donde se cruzan con un ángulo de 70°, se estudiaron las fallas de ambos sistemas; el arreglo de las estrías de falla parece indicar que ocurrió interacción al menos entre las fallas mayores.

GET-20

APLICACIÓN DE LA TESELACIÓN DELAUNAY PARA LA ESTIMACIÓN DE DISTORSIÓN EN ROCAS DEFORMADAS

Alejandra Aguilar Hernández¹, Gustavo Tolson²¹ Facultad de Ciencias, UNAM² Instituto de Geología, UNAM

El método de centro a centro para determinar la distorsión finita de rocas deformadas utiliza la distribución de objetos de una muestra geológica que se encuentra en estado deformado y las distancias entre los centros de objetos que eran vecinos inmediatos en el estado no deformado. La elección de vecinos inmediatos iniciales se hace por inspección visual, lo cual implica una inversión considerable de tiempo.

La teselación Delaunay identifica (de manera matemática) los vecinos inmediatos de cada punto de una población de puntos distribuidos uniformemente. La teselación Delaunay de una población de puntos del estado deformado no coincide necesariamente con la teselación del estado inicial. Sin embargo, aquí reportamos que la teselación del estado deformado registra suficiente información para poder obtener la elipse de distorsión interna.

Trabajamos con poblaciones sintéticas de puntos con propiedades estadísticas comparables a poblaciones obtenidas de materiales geológicos no deformados. A estas poblaciones les aplicamos distorsiones conocidas e investigamos el comportamiento de sus teselaciones Delaunay en función de la distorsión interna. Utilizamos estos datos de poblaciones sintéticas con deformaciones conocidas para calibrar el método de centro a centro a partir de las teselaciones del estado deformado de materiales naturales. Otro resultado de esta investigación indica que el análisis de centro a centro tiende a sobreestimar la distorsión interna.

El método aquí propuesto se ha implementado en un programa para PC con el cual se pueden llevar a cabo el análisis de distorsión de manera automatizada. El programa estará en el dominio público.

GET-21

REVIEW ON DYNAMICS OF GRANITIC ASCENT, TRANSPORTATION AND EMPLACEMENT

Xu Shunshan
UNICIT, UNAM

Magma dynamics is a new overlapping branch highly synthesized by igneous petrology, fluid mechanics, non-equilibrium mechanics and structural geology and mainly deals with mechanisms of magma origin, liquation, ascent and emplacement. In recent years, physical processes which explain how magmas are separated from their source regions, transported long distance and emplaced as large plutons and batholites have been key issues in debates on the fundamental nature of continental magmatism.

Structural and textural patterns of granitic bodies strongly depend on their emplacement dynamics and regional tectonics (Castro, 1987). There are often spatial and temporal relationships between regional structures and magmatism. The coincidence of granitic plutonism and major transcurrent shear zones has been

recognized for a long time (Hutton and Reeve, 1992; D'Lemos, 1992; Tikoff, 1994; Roig *et al.* 1998). Therefore, structural study of both granitic bodies and host rocks is necessary to understand regional tectonism and pluton emplacement. Deformation plays an important role in determining the location and geometry of a magmatic body. Some granitic intrusions may be spatially associated with major strike-slip shear zones. Granites are also emplaced in regions undergoing compression or during an extensional phase (Vigneresse, 1995). The root zones are oriented at a high angle to the direction of maximum compression when magma emplace in a plastic crust, and the roots are aligned with the maximum compression.

Main advancement of granitic ascent and emplacement dynamics is as follows:

About intrusive mechanism, over the last two decades, diapirism has been questioned by more and more geologists. A diapir is only a transitional period of dome structure (Pons and Brun, 1984), Dome, diapir and ballooning are different stages of magma emplacement (Dixon, 1975; Petford, 1993; Lafrance, 1995). Date on the spacing of pluton, volume of intruded magmas, as well as geophysical information on the shape of plutons at depth do not favour a diapiric ascent. Channeling of magma through small conduits is thought more likely. An increasing number of works have suggested that the dominant mechanism of granitic magma ascent is through fractures, either pre-existing faults (Petford *et al.* 1993, 1994) or fractures created by the magma itself (Emerman and Marrett, 1990). In either case, if the initial dyke is wide enough, and the magma viscosity low enough to prevent freezing, magma transport is quite rapid. In addition, spiral emplacement mechanism have been proposed by many geologists. The concept thinks that magmatic ascent is a spiral movement (Li Dongxu, 1986; Pitch, 1987; Hippert, 1994; Castro, Fernandez 1998).

About faulting and magmatism, since theory of granitization has been proposed by Read (1945), relationship between faulting and granite has been studied thoroughly. In recent years, geologists proposed that shear zone, tensile faults, compressive faults are the places of magma ascent and emplacement (Paterson, 1991; Bonchez, 1992; Wang Deci, 1995). Hutton (1992) insisted that there is spatial relationship between magmatism and large transcurrent faults. Dehls (1998) drew a model for fracture-controlled ascent and emplacement of magma, with space being created for the pluton by vertical displacements on pre-existing fracture sets.

Magma enclave is thought highly of by many geologists (Ci Xiaoguo, 1995). Magmatic enclave can reflect more information at depth. The location of enclave in magma reflect history of magmatic ascent and movement. The ascent velocity of enclave is related magma composition and physical property. So enclave is important to study magma emplacement mechanism.

In addition, Stress is thought as an important factor influencing magma ascent and emplacement. Gravity is not only force driving magma ascent and emplacement. Leake (1991) suggested granitic ascent and emplacement relate to crust movement. Carsto (1987) argued that the main factor controlling granitic ascent and emplacement is combination of buoyancy and regional stress. Hogan (1998) explained why different magmas are emplaced in different depths, and why plutons adopt different shapes by magmatic calculate. Magma effect on deformation and metamorphism of wall rocks is attached importance to by many geologists. Subhorizontal strength anisotropy may be the main

reason of emplacement (Hogan et al., 1998), but most geologists argued that magmatism may lead to detachment and extension (Lynch, 1987; Dapais, 1993; Parsons, 1994; Spencer, 1995). Parsons, Thompson (1993) proposed that magmatism influence horizontal stress at least in two aspects: (1) Volume increasing in middle crust and upper crust can reduce tension stress. High pressure magma can cause local compression stress. (2) thermodynamics make it easy to produce rheological deformation.

Room problem of magmatic emplacement is discussed by geologists. During the emplacement of pluton, sufficient space must be created locally for the influx of new magma. This space can be made in a number of ways. Regional deformation may allow lateral wall rock displacement by folding or faulting; The roof of the pluton may be lifted, if it is not too thick. The wall rocks may be fractured, allowing blocks to be stopped and sink into the pluton, a single large block may sink into the underlying magma chamber.

The simulation of magmatic emplacement is also developed swiftly. Numerical simulation has achieved 3-dimensional period. Guglielmo (1993) simulated magma emplacement, local change and structural strain of pre-, syn-, and post-tectonic period by 3-dimensional model. Yoshinobu, Okaya and Paterson (1998) use numerical modeling to study the fault slip rates that enable conductively cooled granite plutons to grow. The results suggested that homogeneous plutons, if created by successive magma batches and not by one magma pulse, require very low rates of heat loss between magma pulses, which indicate that slip rates on faults where space is created for plutons may be very rapid.

Petrology and Geochemistry were mostly concerned in studying magma dynamics before. Recent years, structural researches have been emphasized, being introduced a lot of basic theories and methods of structural geology. The structural mapping method is useful for obtaining structural types of granitic bodies (Castro, 1986, 1987). In addition, many methods are used for studying granitic structure and magma dynamics such as isotopic, porphyroblast of wall rocks, geochronology, strain measurement, Landsat imagery, gravity modelling, microstructure, TEM, magnetic fabric.

References

- Hutton D H W. Granite sheeted complexes: evidence for the dyking ascent mechanism. *Trans Roy Soc Edinb. Earth Sci.*, 1992.
- Nieto-Samaniego, A.F., Ferrari L., Alaniz-Alvarez S A., et al. Variation of Cenozoic extension and volcanism across the southern Sierra Madre Occidental volcanic province, Mexico. *Geological Society of America Bulletin*. 1999, 3:347-363.
- Petford N., Kerr R C., Lister J R. Dike Transport of granitoid magmas. *Geology*, 1993, 21:845-848.
- Paterson S R. The influence of large ductile shear zones on the emplacement and deformation of the Wyangala Batholith, SE Australia. *Journal of structural geology*, 1990, 5/6: 639-650.
- Vigneresse, J L. Control of granite emplacement by regional deformation. *Tectonophysics*, 1995, 249:173-186.

GET-22 CARTEL

RELATIONSHIPS BETWEEN HEAT FLOW AND TECTONIC PROVINCES OF MEXICO

Harris R.N.¹, Fletcher J.M.², Suarez-Vidal F.², Espinosa-Cardeña J.M.², Romo-Jones J.M.², Mendoza-Borunda R. y Romero-Espejel H.²

¹University of Utah, Dept. Geology and Geophysics
²CICESE

The temperature distribution in the lithosphere greatly influences geologic processes and rock properties through its influence on strength of the lithosphere and modes of deformation, depth distribution of earthquakes, concentration and orientation of stresses, metamorphism, density, and crustal magnetism. The thermal state of the lithosphere, in turn, is a manifestation of tectonism, magmatism and sublithospheric flow. As such, thermal processes are a fundamental component to understanding the geodynamic state of the lithosphere and modes of extensional deformation.

While heat flow measurements in northern Mexico are relatively sparse, there are enough measurements to broadly characterize heat flow provinces [e.g., Smith et al., *JGR*, 1979, pg. 2371-2379]. These values indicate that the Baja peninsula is an area of relatively low heat flow (35-52 mW m⁻²), the Gulf Extensional Province (GEP) and the Mexican Basin and Range (MBR) have relatively high heat flow values, both with means of 82 mW m⁻² similar to those from the Southern Basin and Range of the U.S. (82 mW m⁻²) [Sass et al., *JGR*, 1994, pg. 22,093-22,118]. However, nascent oceanic spreading centers in the GEP form the largest and highest heat flow anomalies in all provinces. The Sierra Madre Occidental has a mean heat flow of 74 mW m⁻², while the Sierra Madre Oriental has a mean heat flow of 55 mW m⁻². Heat flow in the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) ranges from 72-107 mW m⁻². The lowest heat flow (13-39 mW m⁻²) is found in the forearc region of the middle Americas trench. The relatively high heat flow of the GEP and MBR is consistent with geologic estimates of extension. High heat flow in the TMVB is likely related to both Neogene extension and extensive volcanism.

We are preparing to undertake a new campaign of data collection in Mexico to better define heat flow provinces and constrain geodynamic processes that contribute to the observed surface heat flow. These studies will help characterize lithospheric architecture and add insight to the time-space patterns of deformation and volcanism in Mexico.

GET-23 CARTEL

FBF, UN PROGRAMA PARA CONSTRUIR SECCIONES ESTRUCTURALES BALANCEADAS

Juan Contreras
Depto. de Geología, CICESE
E-mail: juanc@cicese.mx

Este trabajo presenta una serie de mejoras hechas al programa de cómputo para el modelado directo de deformación por fallamiento en dos dimensiones de Contreras y Suter (1990) y Contreras (1990). Este programa permite modelar el estilo estructural observado en cinturones de pliegues y cabalgaduras. El algoritmo utilizado desplaza el bloque de superior de cabalgaduras de manera

paralela a la traza de la falla. Las fallas tienen una geometría compuesta por segmentos de recta. Por lo tanto, la geometría del estado final deformado está formada por una serie de pliegues acofrados. La función de deformación empleada conserva volumen por lo que el programa puede ser utilizado para construir secciones estructurales balanceadas.

Los cambios hechos al programa son los siguientes: (i) ahora es posible definir regiones con geometría de cuña, (ii) las líneas axiales pueden tener cualquier orientación, (iii) el programa puede modelar erosión y sedimentación sintectónica.

El programa es distribuido gratuitamente bajo una licencia GNU y se encuentra disponible en la siguiente página web <http://www.cicese.mx/~juanc/fbf.html>

Referencias

Contreras J. Y M. Suter, Kinematic modeling of cross-sectional deformation sequences by computer simulation: *Journal of Geophysical Research*, v. 95, no B13 p. 21,913-21,929, 1990.

Contreras J., Kinematic modeling of cross-sectional deformation sequences by computer simulation; coding and implementation of the algorithm: *Computer & Geosciences*, v. 17, p. 1197-1217, 1991.

GET-24 CARTEL

USING HIGH-PRECISION GPS TO CONSTRAIN VERTICAL AND HORIZONTAL CRUSTAL MOVEMENT NEAR LAKE CHAPALA, MEXICO

Zarate-Del Valle P.F.¹, C. Demets², W. Hutton², O. Sanchez³ and J. Stock⁴

¹ CUCEI, Universidad de Guadalajara

E-mail: pzarate@ccip.udg.mx

² Geology & Geophysics, UW

³ Instituto de Geofísica, UNAM

⁴ California Institute of Technology

We will review the status of continuous and episodic GPS measurements near Laguna Chapala and their implications for vertical and horizontal crustal movements related to extension within the lake and across the Citala graben just south of the lake. Since 1995, we have made annual GPS measurements in a network of 25 GPS stations in Jalisco, Colima, and Michoacán to study crustal strain accumulation and strain release caused by subduction of the Rivera and Cocos oceanic plates west beneath Mexico's Pacific coast. Following the 9 Oct 1995 M=8 earthquake along the Rivera subduction zone, GPS measurements indicate that sites in Jalisco have moved as much as 200 millimeters in response to post-seismic slip along the Rivera plate subduction fault, with sites close to Laguna Chapala having moved 40-50 millimeters toward the southwest. Displacements due to subduction fault slip are far larger than the expected horizontal rifting rates across the Chapala and Citala grabens, 0-1 mm/yr, thereby illustrating the difficulty in extracting local fault slip from a velocity field that is strongly contaminated by strain from the nearby Rivera subduction fault. GPS measurements from 1999 suggest steady-state interseismic strain accumulation is resuming along the coast, but that transient postseismic slip continues near Laguna Chapala. Assuming that this transient phase ends in the next few years, we will eventually be

able to use GPS to place upper bounds on the cumulative strain across the Chapala and Citala grabens. Determining vertical rates will be extremely challenging and may require decades given the present level of accuracy and expected slow vertical rates.