

SISG-01

### ANALYSIS AND TECTONIC IMPLICATIONS OF CONTINUOUS GPS DATA FROM A 14-SITE INEGI GPS NETWORK SPANNING MEXICO, 1993.4-2001.5

Bertha Marquez-Azua<sup>1</sup> and Charles DeMets<sup>2</sup><sup>1</sup> Universidad de Guadalajara

E-mail: bmarquez@udgserv.cencar.udg.mx

<sup>2</sup> University of Wisconsin-Madison

Since early 1993, the Mexican government agency INEGI has collected continuous GPS observations at 14 sites in Mexico, defining the National Active Geodetic Network. This network constitutes the most widespread and longest-lasting high-precision GPS survey of Mexico to date. Although the network was constructed for non-geophysical purposes, its archive of proprietary, dual-frequency GPS data contains useful and unique geophysical information. Through a legal agreement between the Universidad de Guadalajara and INEGI, we have procured more than 6700 station-days of data from these 14 sites, consisting of weekly measurements during an 8-year period from 1993.4-2001.5. Analysis of these data using JPL's GIPSY GPS processing software yields linear geographic coordinate time series with daily scatter of 3.7 millimeters in north, 5.5 mm in east, and 10 mm in vertical, comparable to other high-quality continuous GPS sites. In this talk, we will discuss the implications of the newly-derived site velocities for the movements of mainland Mexico and Baja California as part of the North American and Pacific tectonic plates, strain accumulation along the Pacific margin adjacent to the seismically active Middle America trench, and deformation within Mexico.

SISG-02

### ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DE UNA RED GEODESICA LOCAL EMPLEANDO GPS

Moraila V. Carlos Ramón, García López Ramón Victorino, López Moreno Manuel, Balderrama Corral Rigoberto, Trejo Soto Manuel y Plata Rocha Wenseslao

Escuela Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Sinaloa  
E-mail: cmoraila@correo.uasnet.mx

Se realiza un análisis de confiabilidad y robusticidad de una red geodésica utilizando mediciones GPS. Tradicionalmente, el análisis de confiabilidad involucra el empleo de técnicas de rigidez geométrica conllevando también a estudios de robusticidad. Una red geodésica se diseña y optimiza en términos de una alta confiabilidad comparándose los resultados con los obtenidos mediante las técnicas de robusticidad. El propósito del diseño óptimo es resolver tanto por la configuración de la red como por las precisiones de las observaciones a fin de reunir los criterios deseados. Para este fin, se estudia un método analítico realizando un diseño de configuración de redes.

Se plantea que el diseño y optimización en el establecimiento de redes geodésicas debe ser cuidadosamente realizado, obteniendo en ello una configuración geométrica que satisfaga las necesidades cubriendo además, con los criterios de precisión antes de efectuar las mediciones geodésicas en cada uno de sus puntos.

Algunas pruebas realizadas de robustez y confiabilidad indican que la configuración geométrica de una red determina la capacidad para detectar ciertos niveles mínimos de deformaciones.

SISG-03

### RECENT LARGE ASEISMIC SLOW SLIP EVENT IN GUERRERO, MEXICO

V. Kostoglodov, K.M. Larson, A.R. Lowry, W. Hutton, S.K. Singh and O. Sánchez

Instituto de Geofísica, UNAM, México

E-mail: vladimir@ollin.igeofcu.unam.mx

University of Colorado, Boulder, USA

Thrust type aseismic slip events (transient slips or "aseism"s) have recently been reported in various subduction zones. The observed aseisms have equivalent Mw of 6-7 and their duration varies from several days to a few years. An important feature of these slow events is that they usually occur near or just downdip of the seismogenic portion of the megathrust. The aseisms may be an important part of the seismic cycle of large thrust subduction zone earthquakes. In Guerrero, Mexico, we detected several such events of different magnitude in 1972, 1979, 1995, 1998, and 1999-2000 using tide gauge, leveling, and GPS data. In Acapulco the tide gauge record being compared with the GPS stable vertical motion lacks about 40 cm of subsidence over the last 40 years relative to the current steady-state GPS vertical rate. This can be interpreted as a result of aseisms occurring there every 2-10 years, depending on the magnitude of these events. In 2001-2002 the network of continuous GPS stations recorded a new unexpectedly large aseismic slow event (equivalent Mw ~7.3) in Guerrero, which has lasted more than six months and involved an area of ~140x250 km<sup>2</sup>. This aseism produced a thrust slip of ~13-15 cm temporary regional extension of the continental block. The event could release an essential amount of entire elastic strain energy previously accumulated in the Guerrero seismic gap. It does not imply that the seismic hazard on the Guerrero gap has been reduced by this event, because the aseismic slip encroached only several tens of km updip of the locking transition that we estimated from the steady-state velocities. There is still could be a very significant fraction of the seismogenic portion of the fault which was not affected by transient slip.

SISG-04

**MODELACIÓN DE LA SUBSIDENCIA EN EL VALLE DE MEXICALI**

Glowacka E., Sarytchikhina O. y González J.J.  
CICESE  
E-mail: glowacka@cicese.mx

El Valle de Mexicali esta caracterizado por alto nivel de sismicidad natural, volcanismo, fenómenos geotérmicos y deformaciones superficiales relacionados con su origen geotectónico. Aparte de los fenómenos naturales la extracción de fluidos en el Campo Geotérmico Cerro Prieto (CGCP) situado en el Valle de Mexicali produce deformaciones con gran magnitud (Glowacka *et al.*, 1999). Es bien conocido y documentado que las deformaciones del terreno pueden acompañar la producción de fluidos en los campos geotérmicos (Narasimhan y Goyal, 1984, Allis 1999). El monitoreo y la modelación de este fenómeno ayuda a entender y minimizar los efectos de la subsidencia. Mossop y Segall (1997) y Fialko y Simons (2000) evaluaron modelos de subsidencia para algunos campos geotérmicos en Estados Unidos. Subsidencia en el CGCP fue también observada en la parte desértica del campo por medio de InSAR y modelada usando cuerpos de Mogi (Carnec y Fabriol, 1999, Hansen 2001).

En el presente trabajo se usa cuerpos de Mogi y datos de nivelación para modelar la subsidencia ubicada tanto en la parte desértica como en la parte agrícola de la zona del hundimiento. Se analiza los resultados de la modelación comparando los con las componentes horizontales de deformación obtenidas por medio de mediciones de GPS.

SISG-05

**APLICACIÓN DEL MÉTODO DE LA CURVA L EN LA DETERMINACIÓN LOCAL DEL GEOPOTENCIAL UTILIZANDO OBSERVACIONES DEL SISTEMA GRACE**

García L. Ramón V., Moraila V. Carlos R., López M. Manuel, Balderrama C. Rigoberto, Trejo S. Manuel y Plata R. Wenseslao  
Escuela Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Sinaloa  
E-mail: rgarcia@correo.uasnet.mx

Se realiza un análisis en la determinación del mejor parámetro de regularización de un sistema mal condicionado empleando el método de la curva L. El sistema analizado consiste en utilizar observaciones generadas por el sistema satelital geodésico GRACE como son diferencias de potencial y de diferencias de perturbación de la gravedad. El modelo a aplicar se basa en la discretización de la integral de Poisson y su derivada con regularización Tikhonov. En la búsqueda del mejor parámetro de regularización, el método de la curva L produjo resultados satisfactorios cuando solo errores aleatorios de las mediciones afectan la solución. En presencia de errores de modelo, se formula un método empírico en función de diferentes parámetros de configuración geométrica. Se

comparan también diferentes métodos de determinación de la esquina de la curva L y del valor optimo del parámetro de regularización.

SISG-06

**MÉTODO DE CORRECCIÓN DIFERENCIAL DE PSEUDO-DISTANCIAS PARA ZONAS MEDIAS**

Xomyakov E.N., Naymova E.E. y Velasco Herrera V.M.  
Instituto de Geofísica, UNAM  
E-mail: victor@nahuiollin.igeofcu.unam.mx

En este trabajo se describe el algoritmo de corrección diferencial de las mediciones de pseudo-distancias en un sistema de estaciones regionales de control de zona media, para un usuario del Sistema de Navegación Satelital Global y se muestra su posible aplicación en México.

Uno de los metodos principales para aumentar la exactitud en las mediciones de coordenadas y la corrección de sus errores de un objeto, es el método diferencial.

En 1996 fue publicada la idea de utilizar el método de corrección diferencial para zonas medias (Xin-Xiang Jin, Cees D. de Jong, 1996). Los investigaciones subsecuentes han mostrado mayor eficacia de este método en regiones de 1000x1000 km cuadrados, si se realiza un proceso estadístico de las mediciones.

SISG-07

**ESTUDIO DE SISMICIDAD EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRO PRIETO, BAJA CALIFORNIA**

Cecilio J. Rebollar, Arturo Perez-Vertti y Juan A. Mendoza  
Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
E-mail: rebollar@cicese.mx

Se estudio la sismicidad de fondo del Campo Geotérmico de Cerro Prieto (CGCP) utilizando una red de 21 estaciones sísmicas digitales. La localización de los micro-sismos se encontró en el basamento debajo y al sur de la zona de producción de vapor del CGCP. Esta actividad esta localizada aproximadamente a 2 km al nor-este del trazo de la falla de Cerro Prieto a profundidades que varían entre 3 y 11 kilómetros de profundidad. No se localizó actividad sísmica en la capa de sedimentos de 3 a 4 km de espesor en el área de estudio. Así mismo, registramos dos enjambres, uno a lo largo de la falla de Cerro Prieto y otro en las cercanías del Volcán de Cerro Prieto. Las profundidades de esta actividad es más somera, variando entre 3 y 7 Km de profundidad. Se calculó el mecanismo focal de 76 micro-eventos y se discutirá su significado. Las magnitudes calculadas con la duración de la señal sísmica varia entre -0.3 y 2.5. Ocurrieron tres sismos de magnitud moderada. Estos sismos ocurrieron el 1 de junio de magnitud 5.2 a una profundidad de 7.4 km con mecanismo focal normal y el del 10 de septiembre de 1999 de magnitud 5.3 a una profundidad de 3.8 km con mecanismo lateral derecho. El tercer sismo ocurrió el 22 de febrero del 2002 con

una magnitud de 5.7 a una profundidad de 10 km y con mecanismo de rumbo lateral derecho. Durante la exposición se presentarán los parámetros de fuente, así como una interpretación sismotectónica de la actividad sísmica.

SISG-08

### MONITOREO SÍSMICO DEL BLOQUE DE JALISCO

Francisco J. Núñez-Cornú<sup>1</sup>, G. Reyes-Dávila<sup>2</sup>, C. Suárez-Plascencia<sup>1</sup>, M. Rutz<sup>1</sup>, M. Camarena<sup>1</sup> y E. Trejo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, CUC-CUCSH, Universidad de Guadalajara

E-mail: fcornu@pv.udg.mx

<sup>2</sup> RESCO, Universidad de Colima

La región de Jalisco es una de las zonas sísmicas más activas en México, pero a pesar de esto y del riesgo asociado a los procesos tectónicos que se originan en esta región, en la costa de Jalisco solo existe una estación sismológica permanente en Chamela y la Red sísmica telemétrica de Colima (RESCO) localizada sobre el Volcán y la parte sur de la Zona de Rifts de Colima. Estudios locales temporales de microsismicidad en la región han demostrado la necesidad de la existencia de una red permanente en la región. Por estas razones la Unidad Estatal de Protección Civil de Jalisco inició en agosto del 2000 un proyecto para instalar una Red Digital Telemétrica en la región, el cuál se esta llevando a cabo en varias fases, el proyecto se realiza en forma conjunta con el Centro de Sismología y Volcanología de Occidente (SisVOc) del Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara; debido al tamaño y la topografía de la región es muy difícil obtener enlaces radiales directos, por estas razones la red esta diseñada en células con nodos donde los nodos son los diferentes Campus de la Universidad de Guadalajara los cuales se encuentran ligados por una red de computo. La primera fase de instalación empezó en Agosto del 2001 e incluye la instalación de 6 estaciones, cada estación esta compuesta de un Sistema de Adquisición de Datos Kinematics-Everest de 24 bits, tiempo GPS, y un sensor triaxial de 1Hz Lennartz, usando para el control y la adquisición de datos el sistema KNI-NMS. Estas estaciones fueron desplegadas en dos células, cada una con tres estaciones. La primer célula en el área de Bahía de Banderas con enlaces telemétricos directos al SisVOc en Puerto Vallarta, donde se encuentra la estación central de la Red, esta empezó sus transmisiones en abril del 2002. La segunda célula se localiza del Volcán de Fuego hacia el norte de ZRC, las primeras tres estaciones de esta célula fueron instaladas en noviembre del 2001 sobre el volcán, para complementar RESCO y aumentar la calidad y cantidad de los datos sísmicos que se obtienen del volcán. Estas estaciones transmiten a la base de PCJalisco en Cd. Guzmán, la cuál será conectada al Campus de la UdeG en Cd. Guzmán localizado a un lado de la base, de ahí los datos serán transmitidos a Puerto Vallarta donde serán procesados y analizados y regresados a la Base de PCJalisco en Cd. Guzmán. Para garantizar la transmisión de datos se enviarán por medio de protocolos de INTERNET-2

usando Calidad de Servicio (QoS). Adicionalmente en el área de Bahía de Banderas se ha desplegado una red portátil de 4 estaciones MarsLite y una más en el Volcán Ceboruco. Estos datos complementados con los de RESCO proporcionan una cobertura mínima para el análisis de la actividad sísmica en el Bloque de Jalisco y el estudio a detalle del Borde Noroccidental.

SISG-09

### ACTIVIDAD SÍSMICA EN EL BLOQUE DE JALISCO

M. Rutz<sup>1</sup>, M. Camarena-García<sup>1</sup>, E. Trejo-Gómez<sup>1</sup>, V. Márquez<sup>2</sup>, R. Orozco<sup>4</sup>, M. Miranda<sup>3</sup>, I. Plascencia<sup>2</sup>, F. Núñez-Cornú<sup>1</sup>, G. Reyes-Dávila<sup>2</sup> y C. Suarez-Plascencia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, CUC-CUCSH, Universidad de Guadalajara

E-mail: marta@sivoc.cuc.udg.mx

<sup>2</sup> RESCO Universidad de Colima

<sup>3</sup> Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México

<sup>4</sup> Geología, Universidad Autónoma de Baja California Sur

El despliegue de la Red Sísmica Telemétrica de Jalisco, estaciones portátiles en el norte de Jalisco y RESCO han proporcionado una cobertura mínima suficiente para iniciar de forma sistemática y permanente el estudio de la Sismicidad en el Bloque de Jalisco. Este análisis es el resultado del primer estudio de los temblores de los eventos del año 2002 detectados por la red telemétrica y la red portátil a partir de algoritmos de disparo, estos datos se complementaron con los de RESCO. En este primer análisis se han obtenido resultados similares a los propuestos por los estudios realizados entre 1996 y 1998. Particularmente importante es el alto nivel de sismicidad en la Placa de Rivera (sismicidad intraplaca) y bajo de ella La mayor cobertura instrumental en el área de Banderas muestra la existencia una gran sismicidad cortical de baja magnitud, por lo que no toda ha sido posible localizarla con precisión. Se observan temblores a más de 30 km de profundidad en la boca de Bahía Banderas y frente a ella, a si como algunos lineamientos sísmicos entre Bahía de Banderas y las Islas Marías. Se observa un claro cambio del régimen sísmico al norte de la cota 20°75 (Borde de Banderas), aunque al norte de éste se han localizado unos cuantos temblores superficiales.

SISG-10

### ESTUDIOS DE SISMICIDAD EN EL CENTRO Y EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

J.M. Gómez, R. Zúñiga, M. Guzmán, R. Barboza, E. Nava y G. Aguirre

Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

E-mail: gomez@geociencias.unam.mx

Mostramos los resultados preliminares de varias campañas de sismicidad realizadas en la Faja Volcánica TransMexicana y en el Altiplano Central. Hacemos un análisis comparativo entre las manifestaciones sísmicas de cada localidad, los registros

sísmicos y los efectos producidos por dicha actividad. Primero analizamos la actividad sísmica registrada en 2001, cerca de las poblaciones de la Estancia y la Sardina, poblaciones cercanas a San Cristóbal, Guanajuato. Las narraciones de la población y los efectos observados coinciden con la forma en que se manifiesta un sismo. Se observan en superficie algunas grietas que no muestran movimiento relativo que pueda definir las como sismogénicas. Otra campaña la realizamos en Arroyo Seco, Querétaro, y Lagunillas, S.L.P., donde la actividad reportada se inició a mediados de diciembre de 2001. Los registros indican más de 30 eventos ocurridos en poco más de un mes. No se tenían reportes de alguna actividad sísmica histórica importante en esta zona. Las localizaciones de réplicas muestran ciertas alineaciones que podrían corresponder a estructuras que no rompieron en superficie. Un caso diferente ocurrió entre Cerritos y el Temascal, San Luis Potosí. Allí decidimos monitorear la zona en función de algunos eventos históricos ocurridos en, lo que era, Villa Iturbide (1/11/1868, 22/05/1868). Aquí tampoco hay una identificación clara en superficie de alguna estructura que pudiera asociarse a dichos movimientos. Hasta el momento tenemos registrados algunos eventos que evidencian que esta zona no esta exenta de actividad sísmica. El origen de la actividad sísmica parece ser diferente entre las zonas estudiadas, sin embargo, los efectos son similares. Estos ejemplos muestran que la actividad sísmica en el Centro de México es mayor de lo que se suponía, también que es importante definir si se trata de actividad sísmica tectónica o de movimientos inducidos por algún tipo de actividad antropogénica. Por ello, es importante cubrir el rezago en este tipo de estudios en el Centro y Norte del país.

SISG-11

### ANÁLISIS SISMOTECTÓNICO EN HUIMILPAN, QUERÉTARO

J.M. Gómez, A. Nieto y S. Alaniz  
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.  
E-mail: gomez@geociencias.unam.mx

Realizamos una campaña de sismicidad en la Faja Volcánica TransMexicana, en las inmediaciones de Huimilpan, Querétaro. Previamente se realizaron varios estudios estructurales, morfológicos y estratigráficos que permitieron cartografiar con detalle la mayoría de las fallas geológicas. Las observaciones directas indican que dichas fallas no son activas. De esta clasificación excluimos los casos de agrietamientos en relleno fluvio-lacustre, los cuales son probablemente producto del asentamiento. Por otro lado, en esta zona se desconoce algún tipo de sismicidad histórica importante no. Pese a que en la escala geológica de tiempo la sismicidad registrada es prácticamente insignificante, otros eventos como el sismo de Sanfandila ( $M=3.1$ , enero/1998) demuestran que dicha actividad no puede menospreciarse. En cuanto a los eventos registrados durante nuestra campaña, éstos evidencian una actividad discreta pero constante. Sin embargo, dicha actividad parece contradecir la supuesta inactividad de las estructuras geológicas presentes. Esta aparente contradicción podría

resolverse si consideramos la hipótesis de que esta zona pudiera encontrarse en una fase tectónica incipiente, ya que las fallas más jóvenes en el registro estratigráfico son más viejas que 3.4 Ma. Otra hipótesis estaría asociada a la deformación tan lenta a que esta sometida esta parte del país, por lo que la ruptura no se haría evidente con este nivel de actividad. Por otro lado, tampoco se puede descartar que esta actividad sísmica este inducida por la sobreexplotación de los mantos acuíferos en los últimos años. En cualquier caso se desconoce el potencial destructivo de la actividad generada.

SISG-12

### ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD EN LA ZONA DE JUCHITEPEC-MILPA ALTA, ESTADO DE MÉXICO

Marcos Chavacán Avila y Javier Lermo Samaniego  
Instituto de Ingeniería, UNAM  
E-mail: mchavacana@iingen.unam.mx

El Eje Neovolcánico Transversal (Faja Volcánica Transmexicana) es una región muy compleja cuyo estudio es obstaculizado por contar con poca o mala distribución de estaciones sismológicas. Precisamente una zona poco estudiada dentro de la Faja es la de Juchitepec-Milpa Alta, localizada desde los 19.0 a los 19.250° de latitud norte y desde los 98.8 a los 99.1° de longitud oeste, al sur de la Ciudad de México. A pesar de que anteriormente se creía que era una zona de baja sismicidad, recientemente se ha observado una constante actividad sísmica registrada desde 1984. Dos temblores relativamente grandes se han generado en esta zona. El primero cerca de Juchitepec en 1984 ( $M_c=3.7$ ) y el segundo cerca de Milpa Alta en 1995 ( $M_c=3.9$ ), y la actividad no ha cesado. A partir de los datos registrados por diferentes redes sismológicas desde 1993 (SISMEX, SSN, CENAPRED), además de la incorporación de los datos del temblor de 1984 y sus réplicas, se realizó la relocalización de estos eventos para determinar el mecanismo de falla más probable y así establecer el grado de peligrosidad al que están expuestos no sólo los pobladores de la zona sino también los habitantes del Distrito Federal. A partir de las distribuciones epicentrales encontradas y proyecciones en perfil de los hipocentros se determinaron dos zonas importantes que indican la presencia de por lo menos dos fallas, con rumbos en la dirección SW-NE aproximadamente y echados estimados de 60°. Estos resultados concuerdan con la información geológica y los mecanismos focales obtenidos. Finalmente, los resultados fueron confirmados al realizar el modelado de las formas de onda de los eventos mejor localizados.

SISG-13

### ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA DENTRO DE LA CUENCA DE MEXICO

Javier Lermo y Marcos Chavacán  
 Instituto de Ingeniería, UNAM  
 E-mail: lermo@inti.iingen.unam.mx

Se presenta la distribución espacial de aproximadamente 100 temblores relocalizados dentro de la cuenca de México a partir de 1974, gracias al registro continuo de la red de SISMEX, SSN y CENAPRED, y a los trabajos preliminares de Prince (1974), Havskov (1981), Rodríguez *et al.*, (1984), Bravo *et al.*, (1987), Yamamoto y Mota (1988), Lermo *et al.*, (2001) y Chavacan y Lermo (2002). Estos eventos presentan magnitudes de coda entre 1.4 a 3.9 y profundidades entre 1.1 a 17 km. Un análisis preliminar de esta sismicidad muestra que estos sismos se pueden agrupar en ocho alineamientos aproximadamente Este-Oeste. Hacia el norte de la cuenca tenemos el alineamiento de Zumpango-Apan. Hacia el centro de la cuenca tenemos tres alineamientos: el de la Sierra de Guadalupe-Textoco, la de Mixcoax y el del Ajusco. Hacia el sur tenemos cuatro alineamientos: Toluca, Milpa Alta, Juchitepec y Zempoala. Estos alineamientos sísmicos están apoyados por rasgos tectónicos, estructurales y mecanismos focales simples y compuestos.

SISG-14

### SISMICIDAD REGISTRADA EN LA REGIÓN DEL ESTADO DE PUEBLA DURANTE 1998-2002

González Pomposo G.J.<sup>1</sup>, Félix Romero S.G.<sup>1</sup>, Pacheco Alvarado J.<sup>2</sup>, Bravo Cervantes D.<sup>1</sup>, Hernández Hernández R.<sup>1</sup> y Pérez Soto A.<sup>1</sup>

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

E-mail: pomp\_oso@hotmail.com

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

Con el propósito de determinar las características de la actividad sísmica en la región del estado de Puebla, se instalaron dos redes sísmicas, una temporal y otra permanente. La red temporal consistió en la instalación de dos estaciones; la primera de ellas se localizó en la población de Guadalupe Victoria (GVPU) y la segunda en Cuesta Blanca (CBPU), al noreste y este del Estado respectivamente. Se utilizaron sismógrafos digitales portátiles de 24 bits del tipo REFTEK conectados a sismómetros triaxiales de banda ancha del tipo Guralp. Esta red funcionó del 4 de noviembre al 8 de diciembre de 2000. En este periodo se registraron tres sismos, de los cuales solo uno es superficial, pero se encontró fuera de la configuración de la red. La Red Sísmica del Estado de Puebla (RESEP) opera de manera permanente a partir de abril de 1998 y está integrada con tres estaciones analógicas con registro en papel; la primera de ellas se ubica en la Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (UAP), la segunda, en la comunidad de Santa Rosa, municipio de Tecamachalco (SRP) y la última se localiza en las oficinas del

Sistema Estatal de Protección Civil (SEPROCI). Estas estaciones están conformadas por equipos MEQ-800 B con sensor Ranger SS-1. A partir de la fecha de instalación se han obtenido 625 registros que corresponden a 310 eventos de magnitud mayor a 3.7 grados, 7 de ellos corresponden a sismos locales y el resto a eventos regionales. En diciembre de 2001 la RESEP reforzó su instrumentación con la instalación de un registrador digital GSR-18 conectado a un sensor de velocidad GSV, que fue instalado en la Facultad de Ingeniería de la BUAP y hasta el momento, ha registrado 48 eventos de magnitud mayor a los 4 grados, localizados en las regiones de Guerrero, Oaxaca, Alto Río Balsas, Istmo de Tehuantepec, Veracruz y Guatemala. En este trabajo se presentan las características espectrales de los sismos de mayor magnitud registrados por la estación digital y una comparación con los registros analógicos obtenidos por RESEP para los mismos eventos.

SISG-15

### EL SISMO (MW 5.9) DE TUXTEPEC, OAXACA DEL 30 DE ENERO DEL 2002

Javier Fco. Pacheco y Shri Krishna Singh  
 Instituto de Geofísica, UNAM  
 E-mail: javier@ollin.igeofcu.unam.mx

La geometría de la placa de Cocos en subducción bajo el centro de México fue descrita por Singh y Pardo (1993) y Pardo y Suárez (1995). Cerca de la costa, la placa sufre un desdoblamiento para volverse casi horizontal, y continúa en esa posición hasta más allá de 300 km de la trinchera, donde los sismos registrados no sobrepasan los 80 km de profundidad. El extenso catálogo de sismos de Pardo y Suárez (1995), que cubre casi 30 años de sismos relocalizados, no logra detectar sismicidad a profundidades mayores a 80 km. Sin embargo, la continuidad de la placa subducida se infiere por la existencia de volcanismo activo en el eje volcánico Mexicano. El sismo de Tuxtepec del 30 de Enero del 2002 ocurrió en esta zona donde la placa de Cocos se vuelve subhorizontal, a una profundidad de 120 km. Este es la primera evidencia de la placa en subducción más allá de 80 km de profundidad en esta región de México. En esta ponencia se presenta un estudio de la fuente del sismo de Tuxtepec, el cual muestra un mecanismo focal de fallamiento normal sobre un plano de falla con orientación NW-SE, que coincide con la orientación del eje de tensión de otros eventos reportados por Pardo y Suárez (1995) para la región. En este sentido el evento está dentro de lo esperado, sin embargo, las aceleraciones registradas por estaciones acelerográficas muestran una mayor aceleración pico que la esperada para un sismo de magnitud 5.9. En este trabajo se compara la aceleración pico registrada para este sismo y otros de similar magnitud y profundidades intermedias, además de la caída de esfuerzos calculada para este evento y otros de profundidad intermedia. Se encuentra que el sismo de Tuxtepec presenta aceleraciones que sobrepasan el valor esperado por un factor mayor a 3 y una caída de esfuerzos que sobrepasa por un valor de 4 a la promedio para sismos de profundidad intermedia registrados en México.

SISG-16

**SIMULACION NUMERICA DEL MOVIMIENTO FUERTE EN LA CIUDAD DE MEXICO: UNA TECNICA HIBRIDA PARA LA EVALUACION EFICIENTE DE LOS EFECTOS DE AMPLIFICACION DE SITIO Y DE TRAYECTO DE PROPAGACION PARA DIFERENTES TIPOS DE SISMOS**

Cruz J.H.<sup>1</sup>, Furumura T.<sup>2</sup> y Chávez-García F.J.<sup>1</sup><sup>1</sup> Instituto de Ingeniería, UNAM

E-mail: hcj@gea.iingen.unam.mx

<sup>2</sup> Earthquake Research Institute, University of Tokyo

La estimación de escenarios de movimiento fuerte causados por sismos futuros de gran magnitud es un tema muy importante para la sismología de movimiento fuerte. Esto se hizo notar con el gran sismo de Michoacán en 1985, el cual causó gran daño a la ciudad de México, localizada a más de 300 km del epicentro. Puesto que el campo de onda sísmico está caracterizado por los efectos de fuente, trayecto y sitio, los patrones de movimiento fuerte de diferente tipo de sismos debería ser significativamente diferente. En este estudio se han estimado los escenarios para sismos de profundidad intermedia con fallamiento normal, someros interplaca con fallamiento inverso, y corticales, usando una técnica híbrida de simulación. El carácter del campo de onda sísmico que se propaga desde la fuente a la Ciudad de México para cada sismo se calculó usando el método pseudo-espectral en 2 dimensiones para ondas SH. Las amplificaciones de sitio en la estructura somera de la Ciudad de México se calcularon usando la teoría de reverberaciones múltiples de ondas SH. Los escenarios de movimiento fuerte máximo para sismos intraplaca e interplaca obtenidos por la simulación concuerdan con las observaciones. Esto indica la efectividad de la técnica híbrida de simulación para investigar el daño del movimiento fuerte de sismos futuros.

SISG-17

**ZONAFICACIÓN DE INTENSIDADES DE LOS SISMOS GRANDES POR INTERNET**

Yi Tan Li y Casiano Jiménez Cruz

Instituto de Geofísica, UNAM

yi@ssn.ssn.unam.mx

Después de ocurrir un sismo grande, es importante conocer las intensidades generadas en distintos lugares por el terremoto.

Esta información es muy valiosa para estimar el patrón del movimiento del terreno producido por el temblor y para otros estudios sismológicos posteriores. También es muy útil para la autoridad de protección y el público en general.

Por tal motivo, el Servicio Sismológico Nacional dispone de una página de WEB para coleccionar las informaciones proporcionadas Internet las personas afectadas de diferentes lugares pueden reportar sus observaciones de los efectos

ocasionados por el temblor. A base de esta información reportada, se construye un mapa de distribución de intensidades por "municipios".

El presente trabajo describe el procedimiento desde la colección y procesamiento de los datos reportados por el público hasta la generación del mapa de distribución de intensidades. Se pretende automatizar el procedimiento y construir un base de datos con una interfase adecuada para que los interesados puedan consultar fácilmente esta información por Internet.

SISG-18

**COMPORTAMIENTO SISTEMÁTICO DE BAJAS ACELERACIONES PROVOCADAS POR SISMOS DE TRINCHERA EN MÉXICO: EL CASO DEL 18 DE ABRIL DEL 2002**

A. Iglesias<sup>1</sup>, S.K. Singh<sup>1</sup>, J.F. Pacheco<sup>1</sup>, L. Alcántara<sup>2</sup>, M. Ortíz<sup>3</sup> y M. Ordáz<sup>2</sup><sup>1</sup> Depto. de Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: amg@ollin.igeofcu.unam.mx

<sup>2</sup> Instituto de Ingeniería, UNAM<sup>3</sup> Depto. de Oceanografía Física, CICESE

Estudios previos demuestran que los sismos localizados cerca de la trinchera, muestran energía deficiente en altas frecuencias. Basado en esta observación, Shapiro et al. (1998) propusieron un método para evaluar el potencial tsunamigénico de sismos ocurridos cerca de la trinchera mesoamericana. El método consiste en el cálculo del cociente (ER) de la energía total del sismo entre la energía a altas frecuencias ( $f > 1$  Hz). Si este valor es grande ( $ER > 100$ ) el sismo se considera potencialmente tsunamigénico.

Dado que la energía a altas frecuencias es deficiente, es razonable pensar que también las aceleraciones máximas de los sismos de trinchera son pequeñas con respecto a los sismos ubicados cerca de la costa.

En este trabajo encontramos que, efectivamente las aceleraciones máximas de sismos de trinchera son anormalmente bajas para estaciones a lo largo de la costa así como en el Valle de México. Esto implica que, aunque para las poblaciones costeras exista riesgo de tsunami, los daños provocados a estructuras podrían ser menores que aquellos causados por sismos costeros de igual magnitud.

Un ejemplo de las bajas aceleraciones provocadas por sismos de trinchera es el evento del 18 de Abril del 2002 (16.8N, 101.1W, Mw 6.3) que a pesar de su magnitud y localización, no generó una alerta por parte del Sistema de Alerta Sísmica (SAS) ya que aparentemente las estaciones del SAS no excedieron los 5 gal.

SISG-19

**MODELING OF STRONG GROUND MOTIONS  
OBSERVED FOR THE 09/10/95, MW=8, COLIMA-  
JALISCO (MEXICO) EARTHQUAKE**

Mario Chávez<sup>1</sup> and Kim B. Olsen<sup>2</sup>

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

E-mail: chavez@servidor.unam.mx

<sup>2</sup> Institute for Crustal Studies, University of California, Santa  
Barbara, CA., USA

The 9<sup>th</sup> of October 1995 Colima-Jalisco subduction thrust type of earthquake. ( $M_s=7.4$ ,  $M_w=8.0$ , depth=17Km) with epicenter in the Middle American Trench, at about 35Km southwest of Manzanillo (MZ), Mexico, produced considerable damage in constructions located in the epicentral zone, some damage at Ciudad Guzman (CG) at an epicentral distance of 140Km and at about 240Km of the epicenter light damage was also observed at the city of Guadalajara (G). Three components strong ground motion records were obtained for the mainshock (as well as for the 6<sup>th</sup> and 12<sup>th</sup> of October foreshock and aftershock) at MZ, CG, and G.

In this study we present broadband synthetics generated by a hybrid modeling technique and compare them with the accelerograms recorded at the three mentioned sites. The long period (< 1Hz) synthetics were simulated using a 4<sup>th</sup> order finite difference method (Olsen, Ph.D. Thesis, Utah Univ., 1994). The high-frequency (> 1Hz) synthetics were generated with the empirical Green function technique, EGFT (Irikura, Proc. 7<sup>th</sup> JEEES, 1986). For the (< 1Hz) modeling recently obtained seismotectonic and geological information for the region of interest was used. For the EGFT the source information for the main event and for the fore and aftershocks was used, also the recordings of the latter two were utilized. The comparison of the synthetics with the observed strong ground motions in the near (MZ), intermediate (CG) and far field (G) is satisfactory for the entire modeled bandwidth, including local soil effects. Our hybrid method allows the generation of more reliable estimates of seismic regions such as where MZ, CG, and G are located.

SISG-20

**INSTRUMENTACIÓN DEL EDIFICIO 124 DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA, BUAP**

González Pomposo G.<sup>1</sup>, Pérez Soto A.<sup>1</sup>, Alcántara Nolasco L.<sup>2</sup>,  
Avila Ramírez B.<sup>1</sup>, Posada Sánchez A.E.<sup>1</sup>, Teutle Trujeque M.R.<sup>1</sup>  
y De la Luz Santacruz E.<sup>1</sup>

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

E-mail: pomp\_oso@hotmail.com

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

En el estado de Puebla está situado en una región que se ve afectado por la actividad sísmica generada en la zona de subducción del Pacífico, por eventos de fallamiento normal y por eventos de tipo local. Estos sismos históricamente han ocasionado cuantiosas pérdidas tanto materiales como

humanas, ejemplos claros son los casos de los sismos de agosto de 1973, octubre de 1980 y junio de 1999. Este último evento hizo notable la vulnerabilidad de las estructuras tanto modernas como coloniales en las ciudades de Puebla y la región de Tehuacán. Particularmente, uno de los edificios de la Facultad de Medicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla sufrió un daño considerable que lo hizo inoperable y tuvo que ser demolido. Actualmente, el Estado cuenta con cuatro centros urbanos importantes con acelerado crecimiento económico, poblacional e industrial. Estos centros de crecimiento se encuentran expuestos al riesgo que implica la actividad sísmica mencionada, lo que ha motivado la realización de estudios de sismicidad en la zona, así como el estudio de las propiedades dinámicas de los edificios. En este trabajo se presenta la instrumentación del edificio 124 de la Facultad de Ingeniería de la BUAP para la determinación de sus propiedades dinámicas bajo las condiciones actuales de funcionamiento ante la acción sísmica. Con este propósito se instalaron dos acelerógrafos triaxiales de balance de fuerza ubicados en el primer nivel y la azotea, al centro de la estructura. La etapa preliminar del proyecto consistió en la instrumentación inicial del primer nivel durante un periodo de ocho meses para monitorear su sensibilidad en relación con la aceleración registrada en campo libre. En este lapso se han registrado dos eventos para los cuales se determinaron los espectros de Fourier y la relación de amplificación contra el registro de campo libre. En este trabajo se presentan las relaciones de amplificación encontradas para el primer nivel respecto a la base y la colocación de la nueva instrumentación.

SISG-21

**LA ESTACIONARIDAD DEL RUIDO SÍSMICO Y EL  
MÉTODO SPAC. RESULTADOS DE UNA NUEVA  
TENDENCIA**

M. Rodríguez<sup>1</sup>, E.J. Chávez-García<sup>1</sup> y W.R. Stephenson<sup>2</sup>

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

E-mail: mrod@gea.iingen.unam.mx

<sup>2</sup> IGNS, Lower Hutt, New Zealand

El método SPAC de análisis de vibración ambiental fue presentado hace ya algunas décadas por Aki (1957). Este método requiere de un promedio acimutal de las funciones de correlación calculadas con mediciones de microtemblores registrados en arreglos de estaciones sismológicas. Resultados usando SPAC aparecen repetidamente en la literatura, sin embargo no hay modificaciones significativas que contribuyan a la mejora del método original. En este trabajo proponemos una visión renovada de SPAC, introduciendo la idea de aprovechar la estacionaridad temporal de la vibración ambiental como sustituto del promedio acimutal. Esta idea tiene varias ventajas de las cuales citamos aquí las dos más importantes: No hay necesidad del registro simultáneo usando un arreglo de estaciones, en el que la ubicación de las estaciones obedece a esquemas poco flexibles; Podemos obtener resultados para un gran número de distancias entre estaciones. La propuesta ha

sido probada usando los datos obtenidos por el arreglo temporal de Parkway, Wainuiomata, el cual operó casi dos meses durante 1994. Los resultados son excelentes.

SISG-22

### ESTUDIO DEL MOVIMIENTO SÍSMICO EN EL VALLE DE MÉXICO A PARTIR DE ARREGLOS VERTICALES

Martín Cárdenas Soto<sup>1</sup> y Francisco J. Chávez García<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería, UNAM  
E-mail: martinc@servidor.unam.mx

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

La respuesta sísmica del valle de México es estudiada mediante el análisis de datos de movimientos fuertes registrados en arreglos acelerométricos en pozo. El análisis de los datos muestra que la duración del movimiento sísmico está relacionada con la respuesta sísmica que se produce en periodos cercanos al periodo fundamental del sitio ( $T_0$ ). En periodos mayores que  $T_0$ , observamos que el campo de onda esta compuesto por ondas superficiales que se propagan en la dirección epicentral, y ondas originadas en algún otro límite geológico alrededor del valle de México. Hemos estudiado la correlación de los registros en función del tiempo y la frecuencia. En el caso de un arreglo triangular, fue posible determinar la dirección y velocidad de propagación del campo de ondas que cruza el arreglo. Los resultados muestran que la respuesta sísmica de la cuenca de la ciudad de México resulta de la interacción de ondas superficiales guiadas por las secuencias volcánicas del Eje Volcánico Transmexicano (EVT) con la respuesta sísmica de los depósitos de arcilla de la zona de lago. El campo de onda en la ciudad de México tiene larga duración como resultado de la incidencia de trenes de onda independientes, originados por la presencia del EVT, que viajan con diferentes velocidades de propagación.

SISG-23

### INFLUENCIA ANTROPOGÉNICA A LA SISMICIDAD EN EL VALLE DE MEXICALI

Sarytchikhina O., Glowacka E., Díaz de Cossio G., Nava F.A. y Contreras J.  
CICESE  
E-mail: osarytch@cicese.mx

El Valle de Mexicali esta caracterizado por alto nivel de sismicidad natural, volcanismo, fenómenos geotérmicos y deformaciones superficiales relacionados con su origen geotectónico. Aparte de los fenómenos naturales la extracción de fluidos en el Campo Geotérmico Cerro Prieto (CGCP) situado en el Valle de Mexicali produce deformaciones con gran magnitud (Glowacka *et al.*, 1999). Es bien conocido y documentado que las deformaciones del terreno pueden acompañar la producción de fluidos en los campos geotérmicos (Narasimhan y Goyal, 1984, Allis 1999). El monitoreo y la modelación de este fenómeno ayuda a entender y minimizar los efectos de la subsidencia. Mossop y Segall (1997) y Fialko y

Simons (2000) evaluaron modelos de subsidencia para algunos campos geotérmicos en Estados Unidos. Subsidencia en el CGCP fue también observada en la parte desértica del campo por medio de InSAR y modelada usando cuerpos de Mogi (Carnec y Fabriol, 1999, Hansen 2001).

En el presente trabajo se usa cuerpos de Mogi y datos de nivelación para modelar la subsidencia ubicada tanto en la parte desértica como en la parte agrícola de la zona del hundimiento. Se analiza los resultados de la modelación comparando los con las componentes horizontales de deformación obtenidas por medio de mediciones de GPS.

SISG-24

### EVIDENCIA ESTADÍSTICA DE INTERACCIÓN ENTRE GRANDES SISMOS DE SUBDUCCIÓN EN LA REGIÓN SISMOGÉNICA DEL PACÍFICO MEXICANO

Miguel Ángel Santoyo, Shri Krishna Singh y Mario Ordaz Schroeder

Instituto de Geofísica, UNAM  
E-mail: masantoyo@yahoo.com  
Instituto de Ingeniería, UNAM

Es ampliamente reconocido que los grandes sismos generados por fallas tectónicas, conforman secuencias temporales que sustancialmente difieren de un proceso de Poisson, y que estos eventos ocurren en forma de agrupamientos o "clusters" tanto en el tiempo como en el espacio. En este esquema, dado un sismo en un sitio determinado, la probabilidad de que más eventos ocurran en la misma región aumenta. Por otra parte, diversos autores han observado que las perturbaciones en el estado de esfuerzos tectónicos provocadas por grandes sismos, pueden influir en la ocurrencia de nuevos sismos en sus cercanías. De hecho, éstos últimos pueden incluso llegar a tener magnitudes similares o mayores que sus antecesores.

Con el fin de analizar el comportamiento espacial y temporal de la ocurrencia de sismos en la región sísmogénica del Pacífico sur de México, y tomando en cuenta las consideraciones anteriores, en este trabajo se presenta un método de conteo y análisis de los tiempos entre grandes eventos de subducción ( $M_s \geq 6.9$ ), para sismos ocurridos desde 1900 a la fecha. Se toma este rango de tiempo para el análisis debido a que el catálogo de sismos ( $M_s \geq 6.5$ ) en México se encuentra completo a partir de esta fecha.

Así, el método se basa en la interacción entre sismos producida por la transferencia de esfuerzos cosísmicos de Coulomb a la región circundante del área de ruptura. Debido a lo anterior, el método tiene la ventaja de que para el conteo, no se requiere definir a priori una segmentación del área sísmogénica. Para el análisis estadístico, se propone como hipótesis de trabajo, el que el comportamiento de los tiempos entre eventos obtenidos mediante el método descrito difiere de un proceso de Poisson, y que éste además describe la ocurrencia de los sismos en agrupamientos o "clusters".

Consecuentemente, se propone como la hipótesis nula, que la ocurrencia de los sismos de subducción describe un proceso de Poisson. Para las pruebas de hipótesis se utiliza el Método de Bondad de Ajuste  $X^2$ , el cual permite definir de manera confiable el comportamiento de los datos.

Los resultados del análisis muestran que los tiempos entre grandes sismos de subducción no describen un proceso de Poisson y evidencian la interacción entre eventos de este tipo. Así mismo, estos tiempos presentan un agrupamiento marcado en el intervalo de (0,2.5] años, con una probabilidad de ocurrencia mucho mayor que la pronosticada por un proceso de Poisson.

SISG-25

#### ULTRA-LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC EMISSION RELATED TO SEISMIC ACTIVITY IN MEXICO DURING 2000-2001

A. Kotsarenko<sup>1</sup>, R. Perez Enriquez<sup>1</sup>, J.A.L. Cruz Abeyro<sup>1</sup>, S. Koshevaya<sup>2</sup> and V. Grimalsky<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.  
E-mail: kotsarenko@geociencias.unam.mx

<sup>2</sup> CIICAp, Universidad Autónoma del Estado Morelos

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Puebla, Mexico

Results of the ultra-low frequency (ULF) emission related to electromagnetic (EM) activity of a seismic origin in Mexico at the period 2000-2001 are presented. Data are collected at the Teoloyucan station, Mexico, by 3-component fluxgate magnetometer designed at UCLA, USA. Whole-day records with a sampling rate 1 Hz were used to provide the most profound analysis and interpretation. Statistical signal characteristics were studied for different frequency sub-bands in a frequency range 0.001 mHz - 0.5 Hz. A comparison between ULF wave activity and  $\sum(K_p) S_q$  indices as well as polarization ratio (Z/G) were applied to distinguish signals of seismic-related origin from the ionospheric ones. Algorithms to reduce artificial noise level were included in data processing methods.

Power spectral density  $S$  for each component has been interpreted as  $S(f) = \exp(-(1-1/D)f) \times S_d(f)$ , where  $S_d(f)$  is de-trended term of the spectra,  $D$  is a fractal index. Spectral ratios  $R = S_{d,z} / S_{d,g}$  (where  $G$  is H, D, and total horizontal component) at different frequency sub-bands and their derivatives  $F$  were constructed. The results have been analyzed through two different conceptions: the conventional one, when the possible precursor can be found, and the conception of Self-Organized Criticality when the earthquake is principally unpredictable. Temporal evolution of running mean values for  $S_d(f)$ ,  $R$ ,  $F$  have been presented in two ways: a customary one (daily variations), in order to study the general tendencies of ULF EM emission appearance, and by superposed epoch analysis of selected events. The main criteria for superposition have been chosen to include earthquakes of comparable magnitudes and their similar seismic indices. Obtained results reveal some peculiarities,

which could be interpreted as possible magnetic precursors. The most expressed effects are observed at the frequency sub-band 1-10 mHz, that corresponds to the typical sources of ULF EM emission [1]. The evolution of a polarization ratio  $R$  (as well as  $\sum(K_p) S_q$  indices) is also taken into account for a separation of the ionosphere signals from tectonic ones. Some ionospheric signals such as MHD perturbations that occurred due to geomagnetic activity also have been analyzed. Time of occurrence and mentioned characteristics of MHD pulsations have been analyzed in terms of a possible correlation with seismic events. Finally, the filtered data have been compressed and converted to ordinary sound files and studied by regular audio listening. The most interesting findings related to the earthquake occurrence time were described and classified. The considered problem is very promising for investigations of natural hazards.

M. Hayakawa, R. Kawate, O. Molchanov and K. Yumoto, 1996. *Geophys. Res. Lett.* 23, 241-244.

SISG-26

#### CARACTERÍSTICAS DE LA PROPAGACIÓN SÍSMICA AL SUR DEL EJE VOLCÁNICO TRASMEXICANO

H. Ferrer-Toledo<sup>1,2</sup>, M. Cárdenas-Soto<sup>3</sup> y E.J. Chávez-García<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

E-mail: ferrer@upaep.mx

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

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería, UNAM

Las características de propagación del movimiento sísmico al sur del Eje Volcánico Trasmexicano (EVT) son estudiadas mediante el análisis de registros de movimientos fuertes. Para ello, se conformó una base de datos con 11 eventos de la zona subducción ( $5.5 < M < 7.5$ ) registrados a lo largo de una línea de 9 estaciones localizadas desde Mezcala, Gro., hasta la ciudad de México. El análisis de los datos consistió en un estudio cualitativo de los registros filtrados en diferentes bandas de frecuencia y en el cálculo de diagramas de dispersión de ondas superficiales. Los resultados muestran que la propagación del movimiento sísmico en el centro del país puede caracterizarse en dos bandas de periodo. En periodos mayores de 5 s observamos predominio de ondas superficiales que cruzan la porción sur del EVT sin pérdida de amplitud y sin modificación sustancial de la forma de onda. El predominio de estas ondas ocurre principalmente en trayectorias Norte-Sur. En la banda de 2 a 6 s de periodo, se observa que el movimiento sísmico registrado en dos sitios firmes, Ciudad Universitaria y Cuernavaca, es amplificado y la duración se incrementa hasta un factor dos con respecto al resto de las estaciones ubicadas al sur del EVT (Mezcala, Tonalapa, Iguala, Teacalco y Yautepec). Un estudio de efectos de sitio muestra que la amplificación observada no corresponde a efectos locales. De este modo, la presencia del EVT se traduce en amplificación e incremento de la duración del movimiento, fenómenos que deben ser considerados al evaluar el riesgo sísmico al que está expuesto el centro del país.

SISG-27

### IDENTIFICACIÓN DE UNA FASE P-SV EN UN PERFIL DE REFRACCIÓN SÍSMICA SOMERA MULTICOMPONENTE

L. Ávila-Dorador y M. Rodríguez  
 Instituto de Ingeniería, UNAM  
 E-mail: lavila@gea.iingen.unam.mx

Seis perfiles de refracción sísmica somera fueron realizados recientemente en el oriente de la cuenca de México, para estudiar la estructura somera de la velocidad de propagación de ondas sísmicas en el sitio. La extensión de cada perfil es aproximadamente 300 m, cubiertos con catorce estaciones sísmológicas, tres componentes, y separadas entre 10 y 50 m.

Los sismogramas obtenidos para distancias entre 50 y 200 metros en los componentes vertical y longitudinal de dos perfiles tienen amplitud sobresaliente en una fase registrada entre 0.9 y 1.1 s., medidos desde los tiempos de primeros arribos, la cual tiene frecuencia predominante cerca de 6.0 Hz y carácter impulsivo. Con base en el análisis del movimiento de la partícula de los sismogramas previamente corregidos por el instrumento, la convención de polaridad y la instalación de los sensores, estimamos los ángulos aparentes de incidencia y polarización. Los resultados son clara manifestación de que la fase identificada contiene frentes de onda llegando de manera subhorizontal y con movimiento polarizado tipo SV. Actualmente exploramos de manera numérica el efecto que las variaciones en los parámetros mecánicos de la estructura tienen sobre los sismogramas sintéticos, para explicar las diferentes características de esta fase en los seis perfiles.

SISG-28

### DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL MOHO EN CHIAPAS, MÉXICO MEDIANTE EL USO DE ONDAS S Y SP

Carlos Narcia López, Raúl Castro y Cecilio Rebollar  
 Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
 E-mail: cnarcia@cicese.mx

Usando la diferencia entre los tiempos de arribo de fases convertidas (Sp) y directas (S), fué posible estimar la profundidad de la discontinuidad del Moho por debajo de 4 estaciones sísmicas digitales que operaron en el estado de Chiapas en el periodo 1994-1998. También se determinaron valores promedio de las velocidades de propagación sísmica de la corteza y del manto superior. Los datos usados consisten de registros digitales de tres componentes correspondientes a 35 eventos regionales de magnitud moderada ( $3.6 < M < 5.3$ ) y profundidad focal entre 60 y 300 Km. Para una mejor identificación de las fases, se usaron las componentes longitudinal y vertical obtenidas de la rotación de cada registro en la dirección epicentro-estación.

Los valores de espesor y velocidades fueron estimados para cada una de las cuatro estaciones, en las que la corteza y el manto superior se idealizaron como dos medios homogéneos separados por una discontinuidad horizontal, representativa de la discontinuidad del Moho. La función objetivo (función del espesor y las velocidades) que modela la diferencia entre los tiempos de las fases Sp y S fue desarrollada al primer término de la expansión de Taylor y posteriormente, mediante la técnica de descomposición en valores propios, se implementó un método de inversión matricial iterativo para estimar los valores de espesor y velocidades más óptimos.

En los resultados obtenidos se observa una diferenciación clara, tanto en el espesor de la corteza como en la velocidad del manto superior, entre las estaciones localizadas cerca de la Trincheras Mesoamericana y las que se encuentran relativamente lejos de este límite. Para las estaciones localizadas en Tapachula y Arriaga, que son las más cercanas a la trincheras, se obtuvieron espesores de 17 y 28 Km, respectivamente, los cuales pueden considerarse bajos si se comparan con los valores de 49 y 53 Km que se obtuvieron, respectivamente, para las estaciones de Tuxtla Gutiérrez y Comitán. De manera similar, las velocidades para ondas de corte en el manto superior también marcan esta diferencia notable, observándose que para el primer par de estaciones los valores son iguales a 4.1 Km.s<sup>-1</sup> y para el otro grupo las velocidades varían de 5.7 a 5.6 Km.s<sup>-1</sup>. Las velocidades de corte promedio para los diferentes sectores de la corteza varían de región a región. En Tuxtla Gutiérrez y Comitán se observan velocidades de 3.5 y 3.7 Km.s<sup>-1</sup>, respectivamente. Para la ciudad de Arriaga se estimó un valor de 3.8 Km.s<sup>-1</sup>, seguramente influenciado por la presencia de la intrusión precámbrica granítica conocida como el Macizo Granítico de Chiapas. Por otra parte, en Tapachula, en donde se encuentran ubicados el volcán activo Tacaná y el límite transformante entre las placas de Norteamérica y del Caribe, se obtuvo un valor de 3.3 Km.s<sup>-1</sup>.

En general, la corteza por debajo de Chiapas presenta incrementos hacia el noreste. Estos incrementos probablemente están controlados por la geometría de la zona de Bienoff-Wadati propuesta por Espíndola (1996).

SISG-29

### ATENUACION Y EFECTOS DE SITIO EN LA REGION DE GUADALUPE, ANTILLAS MENORES

Raúl R. Castro<sup>1</sup>, Hubert Fabriol<sup>2</sup>, Myriam Bour<sup>2</sup> and Benoit Le Brun<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
 E-mail: raul@cicese.mx

<sup>2</sup> BRGM, Marseille, France

Usamos acelerogramas de 23 sismos de magnitud moderada (M 2.9-5.5) localizados al norte de las Antillas Menores para estimar la atenuación de las ondas S y los efectos de sitio de la red acelerográfica de Pointe-à-Pitre operada por el Servicio Geológico Francés (BRGM). Encontramos funciones empíricas a diferentes frecuencias, entre 0.6 y 25.0 Hz, para

caracterizar el decaimiento de las amplitudes espectrales con la distancia. Estas funciones las usamos posteriormente para corregir los espectros de aceleración por efecto de atenuación y con los datos corregidos separamos los efectos de la fuente y la respuesta sísmica de los sitios mediante una inversión espectral. Comparamos las funciones de sitio obtenidas con estimaciones previas reportadas por Le\_Brun y otros (2001) usando la técnica de cocientes espectrales y el método de Nakamura. Encontramos que las funciones de sitio determinadas por cada una de las 3 técnicas son similares. Para determinar el factor de calidad  $Q$  de las ondas  $S$ , modelamos las funciones empíricas de atenuación mediante un modelo paramétrico, en el cual la función de dispersión geométrica puede variar con la frecuencia. Encontramos que en la banda de frecuencias analizada ( $0.3 < f < 25$  Hz)  $Q$  depende de la frecuencia y tiene valores de entre 20 y 500. Además, la función de dispersión geométrica varía con la frecuencia, particularmente para trayectorias fuente-estación someras ( $H < 34$  km).

SISG-30

#### DISPERSION Y ATENUACION DE ONDAS TERMOELASTICAS EN MEDIOS COMPUESTOS DE INCLUSIONES ESFERICAS

F.J. Sabina<sup>1</sup>, O.C. Valdiviezo<sup>2</sup> y V.M. Levin<sup>3</sup><sup>1</sup> IIMAS, UNAM

E-mail: fjs@uxmyml.iimas.unam.mx

<sup>2</sup> DGETI, CETIS<sup>3</sup> Instituto Mexicano del Petróleo

SE ESTUDIA EL PROBLEMA DE LA PROPAGACION DE ONDAS TERMOELASTICAS EN UN MEDIO CON INCLUSIONES ESFERICAS DISTRIBUIDAS AL AZAR. AMBOS MEDIOS PUEDEN POSEER PROPIEDADES TERMOELASTICAS. SE RELACIONA AL ESFUERZO MEDIO CON LA DEFORMACION MEDIA CALCULANDO UNA SOLUCION APROXIMADA DEL PROBLEMA DE UN SOLO DISPERSOR DANDO POR RESULTADO LAS PROPIEDADES TERMOELASTICAS DEL COMPUESTO. DICHO PROBLEMA SE RESUELVE POR MEDIO DE UNA ECUACION INTEGRAL EN TERMINOS DE LA FUNCION DE GREEN. SE USA LA TECNICA DEL MEDIO EFECTIVO Y UN ALGEBRA ESPECIALMENTE DISEÑADA PARA RESOLVER LA ECUACION TENSORIAL RESULTANTE. LOS RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRAN QUE LAS ONDAS  $P$  SE DISPERSAN Y ATENUAN MOSTRANDO UN FENOMENO DE RESONANCIA CUANDO LA LONGITUD DE LA ONDA ES COMPARABLE CON EL RADIO DE LA ESFERA. SE ILUSTRAN LOS RESULTADOS CON DATOS OBTENIDOS PARA UN PEGAMENTO EPOXICO CARGADO DE PARTICULAS DE TALCO DE LUZENAC. ESTOS RESULTADOS TAMBIEN TIENEN INTERES PARA ESTUDIAR EL EFECTO DE LA DISPERSION Y ATENUACION EN ROCAS DONDE LOS EFECTOS TERMICOS SON IMPORTANTES. SE COMPARAN LOS RESULTADOS CON EL CASO PURAMENTE ELASTICO.

SISG-31

#### ANISOTROPÍA DE LA ONDA SKS DEBAJO DE ESTACIONES DENTRO Y FUERA DEL EJE VOLCÁNICO TRANSVERSAL

Raúl Valenzuela Wong, José Antonio Lozada Pérez y Jeremías Basurto García

Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: raul@ollin.igeofcu.unam.mx

Calculamos los parámetros que describen la anisotropía del manto superior debajo de estaciones de banda ancha usando registros de la onda SKS en las componentes radial y transversal. Los parámetros que se usan para cuantificar la anisotropía son el tiempo de retardo ( $dt$ ) y la dirección de polarización de máxima velocidad ( $fi$ ). Estudios anteriores han demostrado que el episodio tectónico más reciente en una región en particular produce anisotropía del manto superior y por tanto determina la orientación de  $fi$  y la magnitud de  $dt$ . En caso de que no hayan ocurrido eventos tectónicos en la región, entonces la anisotropía es controlada por la dirección del movimiento absoluto de la placa tectónica. De esta manera las mediciones de anisotropía nos ayudan a ampliar nuestro conocimiento de la evolución tectónica de México.

La anisotropía se calcula con la técnica de Silver y Chan [1991]. Se escoge un segmento de tiempo que contenga a la onda SKS en las dos componentes horizontales. A continuación se hace una búsqueda en el espacio de posibles soluciones variando  $fi$  en intervalos de 1 grado entre valores de 0 y 180 grados. Se rotan los ejes coordenados en incrementos de 1 grado y se calculan la autocorrelación y la correlación cruzada de las dos componentes. Por cada valor de  $fi$  que se prueba, se explora también el espacio de tiempos de retardo (para valores plausibles) en incrementos de 0.05 seg. Se calculan los valores característicos que corresponden a cada combinación de  $dt$  y  $fi$ . Como los registros también contienen ruido, la solución buscada viene dada por la matriz que sea más cercana a la matriz singular. Para checar los resultados se aplica una corrección a los registros originales con los valores obtenidos de  $dt$  y  $fi$  y se rotan para comprobar que los parámetros calculados pueden eliminar la anisotropía.

Presentamos los resultados obtenidos al analizar los sismos del 8 de abril de 1999 y del 28 de junio de 2002, los cuales ocurrieron muy cerca uno del otro en la zona de subducción de Japón. Estos sismos nos proporcionaron registros en 20 estaciones de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional y nos han arrojado valores de  $dt$  entre 0.65 y 2.75 s. Es posible distinguir diferencias entre estaciones dentro y fuera del Eje Volcánico Transversal.

SISG-32

### REDES LOCALES SÍSMICAS EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA: FALLA AGUA BLANCA

J. Frez, J. Acosta, S. Alvarez, G. Arellano, J. Carlos, R. García, A. Nava, J. González y M. Alvarez  
 Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
 E-mail: jofrez@cicese.mx

La falla Agua Blanca domina morfológicamente en los mapas del norte de Baja California indicando un alto estado de madurez y de actividad en los últimos millones de años. Estudios de paleosismicidad y geomorfológicos indican la presencia de sismos destructivos recientes, aunque no históricos. Con estos antecedentes, la falla se incluye en la interpretación de datos de geodesia satelital, produciendo un movimiento semejante o mayor al de la falla San Miguel. Sin embargo, la actividad sísmica reportada en catálogos regionales (SCSN y RESNOM) es prácticamente nula para la falla Agua Blanca y de alta actividad para el sistema de fallas San Miguel. En esta presentación, reportamos el monitoreo de la sismicidad de la falla Agua Blanca utilizando una red local (35 estaciones refteks, tres componentes, dos meses, grabación digital continua) instalada en el 2001 con financiamiento del CONACYT.

La sismicidad registrada y asociada claramente a la falla es escasa y de magnitudes menores a 2.0; por lo tanto, está debajo del umbral de sensibilidad de la red RESNOM y, con mayor razón, de la SCSN. Aún tomando en cuenta los errores de localización en la coordenadas espaciales, se concluye la existencia de actividad sísmica entre las fallas Tres Hermanos (del sistema San Miguel) como también al sur de la traza de la falla. Este tipo de actividad no aparece asociada a fallas mapeadas en la región ni es suficientemente intensa como para resolver alineaciones en su distribución epicentral. Por otro lado, hemos localizado actividad compuesta de enjambres que se asocia al valle Trinidad-San Matías, hacia el SE de la falla y cerca de su intersección con el sistema Sierra Juárez. Algunos epicentros ubicados al SW de ese valle pertenecen a una distribución en forma de cinta que aparece en los mapas regionales; esta distribución une el extremo SE de la falla Agua Blanca con la costa del Pacífico en dirección perpendicular a la del sistema San Miguel. Las profundidades de los sismos claramente asociados a la falla Agua Blanca están entre los 11 y 14 km. La presentación incluye mayores detalles de la sismicidad registrada, incluyendo los de algunos mecanismos focales bien determinados.

SISG-33

### REDES LOCALES SÍSMICAS EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA: AVANCES EN LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

J. Frez, J. Acosta, A. Nava, J. González, H. Fabriol y M. Alvarez  
 Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
 E-mail: jafrez@cicese.mx

Desde 1997, hemos instalado redes sísmicas locales en el norte de Baja California (estaciones reftek, grabación digital por disparo o continua, tres componentes, de uno a cuatro meses). Hemos cubierto casi todos los sistemas de fallas de la región: Cerro Prieto, sistema San Miguel (fallas San Miguel, Tres Hermanos, Ojos Negros y Vallecitos, además del Valle de Ojos Negros), Agua Blanca y Sierra Juárez. Los resultados inmediatos son unos 2000 hipocentros y 500 mecanismos focales, además de información acerca de la estructura sísmica. La interpretación de los resultados cubre varios rubros de la sismotectónica actualmente activa, entre los cuales están: a) el papel del valle Ojos Negros en la sismotectónica regional; b) la existencia de alineaciones ortogonales de epicentros no necesariamente asociada con fallas mapeadas; c) la distribución regional y local de los ejes P y T de los mecanismos focales; d) la falta de sismicidad de la falla que más se destaca morfológicamente, Agua Blanca (tema de otra presentación). Entregamos detalles de la distribución de hipocentros y mecanismos focales asociados al valle Ojos Negros; la información indica un régimen de extensión; la restante sismicidad del sistema San Miguel se asocia a una distribución en dirección perpendicular al sistema y/o a actividad entre las fallas Vallecitos y San Miguel, así como a actividad claramente asociada al segmento SE de la falla San Miguel, donde ocurrieron sismos destructivos en 1954/1956. Parte de la sismicidad localizada muestra la existencia de segmentos cortos (~15 km) ortogonales que se inscriben en segmentos más largos, también distribuidos ortogonalmente; estos últimos aparecen en los mapas de sismicidad regional (SCSN y RESNOM). Muchas de estas alineaciones no están asociadas a trazas mapeadas de fallas. La interpretación más simple de estos resultados es que esta actividad representa procesos tectónicos muy nuevos que están en desarrollo y que aún no se manifiestan a través de fallas con rompimiento en superficie. De este modo, una parte importante de la sismicidad no puede ser incluida en la interpretación de datos geológicos. La distribución de los ejes P y T indica una relativa constancia en las direcciones de los máximos para los distintos lugares de estudios; existen, además, máximos locales con variaciones cuya significación estamos tratando de determinar.

SISG-34

### RED SISMICA NARS-BAJA PARA EL MONITOREO DE LA SISMICIDAD DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MEXICO

Raúl R. Castro<sup>1</sup>, Cecilio J. Rebollar<sup>1</sup>, Arturo Pérez-Vertti<sup>1</sup>,  
Jeannot Trampert<sup>2</sup>, Hanneke Paulssen<sup>2</sup>, Arie van Wettum<sup>2</sup>,  
Jeroen Ritsema<sup>3</sup> and Robert Clayton<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
E-mail: raul@cicese.mx

<sup>2</sup> Faculty of Earth Sciences, Utrecht Universit, The Netherlands

<sup>3</sup> Seismological Laboratory, California Institute of Technology, USA

La red NARS-Baja consiste de 19 estaciones sismológicas de banda ancha instaladas a lo largo de la península de Baja California y en las regiones oeste de Sonora y noroeste de Sinaloa. La instalación inició en la primavera del 2002 y se espera completarla al final del año. Esta red, que operará por al menos 5 años, es el resultado de un esfuerzo conjunto entre la Universidad de Utrecht (UU, Holanda), el Instituto Tecnológico de California (Caltech, EUA) y el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE, Mexico). 14 estaciones de la red son propiedad de la UU y consisten de sensores STS2 conectados a registradores recientemente desarrollados en esa universidad cuyo rango dinámico da acceso hasta 140 db a un periodo de 100 seg. Estos registradores, además, son suficientemente robustos para garantizar su operación en áreas remotas. Estas estaciones complementarán 5 instrumentos adicionales del CICESE: dos Quanterra Q680 conectados a sismómetros STS2, y tres Guralp de 24 bits conectados a sensores CMG-3ESP y uno a un CMG40T.

La red NARS-Baja mejorará el nivel de detección de sismos del Golfo de California de magnitudes menores de 4. Además, permitirá mejorar la precisión en la localización focal de los eventos que ocurran en esta región, así como la determinación de mecanismos focales de eventos de magnitud moderada. Con esta información será posible estudiar el comportamiento de las fallas activas de la región, y empezar a entender la sismotectónica de la misma.

Los datos de la red NARS-Baja también se usarán para determinar modelos de la corteza y del manto que contribuyan a clarificar la naturaleza de los procesos de transición entre el sistema de fallas predominantemente de rumbo del sistema San Andreas y la zona de dispersión del fondo oceánico del Pacífico oriental.

SISG-35

### RED SISMICA PARA EL MONITOREO DE LA SISMICIDAD DEL SISTEMA DE FALLAS NORMALES DEL NORESTE DE SONORA

Raúl R. Castro<sup>1</sup>, Oscar M. Romero<sup>2</sup> y Max Suter<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Sismología, CICESE

E-mail: raul@cicese.mx

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

Se presentará el estado actual y las perspectivas de una red sismológica de 10 estaciones recientemente instalada en el noreste de Sonora (RESNES). El principal objetivo de esta red es estudiar los patrones de sismicidad asociados con las fallas normales de orientación predominantemente norte-sur localizadas en el margen oeste de la Sierra Madre Occidental. Estas fallas, consideradas parte del sistema Basin and Range, han generado en el pasado sismos importantes en esta región. En particular, el evento de 1887 de Bavispe, Sonora (Mw=7.4) el cual generó una ruptura de la superficie de más de 100 km.

La distribución de la red RESNES cubre los tres principales segmentos del sistema de fallas normales que se activaron durante el evento de 1887: el segmento Pitaycachi que se extiende hacia el sur desde la región de Agua Prieta, el segmento Teras en la parte central de la ruptura y el segmento Otates al sur. En total la red cubre el sistema de fallas a lo largo de aproximadamente 150 km.

La instrumentación de la red consiste de 9 registradores K2 de Kinometrics de 6 canales conectados a un episor (3 componentes) y un sensor de velocidad conectado a un canal adicional. En el centro de la red también se instalará una estación de banda ancha Guralp CMG-DM de registro continuo conectado a un sismómetro CMG-40T, la cual permitirá un control local de la sismicidad y el registro de eventos regionales y telesismos.

SISG-36

### INVERSIÓN AUTOMÁTICA DEL TENSOR DE MOMENTOS UTILIZANDO DATOS DE LA RED DE BANDA ANCHA DEL S.S.N.

S.I. Franco-Sánchez<sup>1</sup>, A. Iglesias<sup>1</sup>, J.F. Pacheco<sup>1,2</sup>, S.K. Singh<sup>1</sup>,  
E. Fukuyama<sup>3</sup>, J. Pérez-Santana<sup>2</sup> y T. Yi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: ivonne@ollin.igeofcu.unam.mx

<sup>2</sup> Servicio Sismológico Nacional, UNAM

<sup>3</sup> National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Tsukuba, Japón

En este trabajo presentamos la implementación de un sistema automático de cálculo del tensor de momentos (CMT) para sismos de magnitud  $M \geq 4.8$ , utilizando la infraestructura actual del Servicio Sismológico Nacional (SSN). El proceso dispara con el correo electrónico que, diariamente o en situaciones de emergencia, envía el SSN.

La inversión es llevada a cabo utilizando el algoritmo "TDMT-*inv*" (Time Domain Moment Tensor inversion), el cual requiere la localización, tiempo de origen y magnitud del sismo, información que es extraída de dicho correo electrónico.

El "TDMT-*inv*" asume una fuente puntual, por lo que el campo de desplazamientos puede ser calculado a través de la siguiente expresión:

$$U_n(x, t) = M_{ij} \cdot G_{ni,j}(x, z, t)$$

donde:

$U_n$  es el campo de desplazamientos en la componente  $n$

$M_{ij}$  es el tensor de momentos

$G_{ni,j}$  es la  $n$ -ésima componente de la función de green para una orientación específica de un doble par de fuerzas.

Con efecto de ahorrar tiempo de cómputo, las funciones de Green son previamente calculadas y almacenadas para una malla de profundidades .vs. distancias.

Esta expresión es resuelta (para  $M_{ij}$ ) usando un esquema lineal de mínimos cuadrados.

Adicionalmente se lleva a cabo la inversión para profundidades en un rango de  $\pm 30$  km alrededor de la reportada por el SSN. El sistema conserva aquella solución para la cual el ajuste es mejor (en términos de la varianza).

La mejor solución es publicada de manera automática en el web.

SISG-37

### DISCRIMINACIÓN RÁPIDA DE SISMOS GRANDES EN LA COSTA DE GUERRERO USANDO UNA SOLA ESTACIÓN

Miguel Ángel Santoyo, Arturo Iglesias, Shri Krishna Singh y Javier Francisco Pacheco

Depto. Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM  
E-mail: mas@ollin.igeofcu.unam.mx

La Ciudad de México se encuentra al menos a 300 Km de la zona de subducción. Este hecho permite pensar en la implementación de un sistema de aviso rápido de sismos grandes generados en dicha zona. El Sistema de Alerta Sísmica (SAS) operado por el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico (CIRES) ha aprovechado esta situación para establecer una red de 12 instrumentos en la costa de Guerrero y emitir una alerta para la Ciudad de México a partir de sismos grandes detectados en la zona.

En este trabajo se investiga la factibilidad de un sistema alternativo de alerta utilizando solamente una estación ubicada en el interior del continente que tendría las ventajas de ser más barato y tener un control óptimo de la operación. Por otro lado, dada la ubicación de la estación con respecto de la

Ciudad de México, la principal desventaja es que el tiempo de anticipación de la alerta podría ser un poco menor que el logrado por el SAS.

La idea consiste en analizar ventanas de tiempo sucesivas del valor RMS del tren de ondas P, en los tres componentes de registro de dicha estación. Dado que la magnitud de un sismo es directamente proporcional al tamaño de la fuente se pueden presentar diversos escenarios:

- Aceleración pequeña  $\longleftrightarrow$  sismo local o regional pequeño
- Aceleración grande por un intervalo de tiempo corto  $\longleftrightarrow$  sismo local pequeño
- Aceleración grande y sostenida por un intervalo de tiempo largo  $\longleftrightarrow$  sismo regional o local grande

Con base en estos criterios, se pretende elaborar un algoritmo para discernir entre un sismo de pequeña magnitud de uno de gran magnitud. Uno de los principales parámetros por definir es el tamaño de la ventana de tiempo, el cual determinará la mínima magnitud para la cual se emitiría la alerta.

A efecto de determinar los parámetros óptimos así como la factibilidad del sistema, en este trabajo se analizan los registros históricos de la estación Chilpancingo, operada por el CENAPRED, que dada su ubicación podría abarcar gran parte de la costa de Guerrero incluida la zona conocida como la "brecha de Guerrero".

Si bien el sistema podría distinguir entre un sismo grande de uno pequeño, no podría discernir entre un sismo grande de la costa de Guerrero de un sismo grande de otra zona, en cuyo caso la ventaja de tiempo de alerta sería demasiado pequeña. Esta situación podría remediarse si además se utilizaran algunas otras estaciones con lo que además se podría tener una cobertura de alerta más amplia.

SISG-38

### LA SISMICIDAD DEL VOLCÁN DE COLIMA DURANTE LA ERUPCIÓN DE LAVA DE NOVIEMBRE DE 1998-ENERO 1999

Vyacheslav M. Zobin, Justo Orozco-Rojas y Gabriel A. Reyes-Dávila

Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima  
E-mail: justor@cgcic.uco.mx

La erupción de lava andesítica en bloques del Volcán de Colima en noviembre de 1998 - enero de 1999 fue acompañada por la actividad sísmica representada con los sismos volcano-tectónicos, explosivos, y en su mayoría con los sismos relacionados con derrumbes y flujos piroclásticos. Nuestra ponencia cuenta con las propiedades de los sismos relacionados con derrumbes y flujos piroclásticos y su importancia como indicadores de la actividad volcánica. Se

estudian alrededor de 6,000 sismos registrados por la estación sísmica Fresnal a distancia de 7 km de la cima del volcán. Para clasificar los sismos, su amplitud máxima y su duración se mediaron. Estos dos parámetros tienen correlación significativa para señales cortas (menos que 100 s) pero no están correlacionadas para las señales con la duración de 100-300 s. La comparación de los dos parámetros con el comportamiento del flujo de lava muestra que el incremento de la duración de la señal tiene correlación con el incremento del volumen de lava pero las amplitudes no lo tienen. Por eso, la duración de la señal fue tomada como la medida adecuada del volumen de flujo (o derrumbe) de lava. Fue estudiada la distribución del número de eventos con duración diferente durante las tres etapas de la erupción: de alta velocidad con incremento de volumen de lava; de baja velocidad con incremento de volumen de lava; y al final del incremento de flujo de lava. Los resultados muestran la diferencia en el proceso de avance del cuerpo magmático en las tres etapas de la erupción.

SISG-39

### SIMULACIÓN NÚMÉRICA DE SISMOS VOLCÁNICOS UTILIZANDO FUENTE EXPLOSIVA

Zmaltzin Paola Godínez Juárez y Leobardo Salazar Peña  
Ciencias de la Tierra, ESIA, IPN  
E-mail: zpaola4@terra.com

Este proyecto está conformado en su mayor parte por la simulación numérica de propagación de ondas sísmicas en estructuras volcánicas encaminada a explicar el origen de los diversos eventos que se presentan en volcanes activos. Como parte del trabajo, se considera un problema fundamental dentro de la sismología volcánica, el cual consiste en tratar de explicar si las señales de baja frecuencia en la mayoría de los sismos volcánicos son generadas por propiedades de la fuente o efectos de propagación. Además de lo anterior se considera la hipótesis que asume la generación de los eventos volcánicos de baja frecuencia como consecuencia de una serie de explosiones sucesivas dentro del volcán, a la cual se suman los efectos de trayecto. Esta explicación fue considerada debido a que exige una mayor comprensión de los procesos que ocurren en el interior de un volcán.

El problema se aborda aplicando el método de diferencias finitas usando las ecuaciones de movimiento de onda para el plano  $x$ - $z$ . En el esquema numérico se utiliza la disposición de rejillas alternadas en el que se implementa una fuente de tipo explosivo. Adicionalmente el esquema numérico se complementa con la solución de superficie libre irregular para el plano  $x$ - $z$  que permite introducir en los modelos una superficie volcánica. En las simulaciones se estableció como estructura volcánica el relieve topográfico del volcán Popocatepetl, su modelo de velocidades para capas planas y en la definición de su cámara magmática se emplearon las localizaciones de los eventos ocurridos en diciembre de 1994.

Como primer paso se simularon eventos con una fuente simple. Los resultados obtenidos en esta simulación muestran la existencia de diversas fases sísmicas provenientes del interior, como resultado de conversión de fases por la presencia de la cámara magmática. A lo anterior se suman también modificaciones debidas a la topografía volcánica. Se obtienen entonces señales sísmicas comparables a los eventos explosivos superficiales.

La parte más interesante lo representan las simulaciones de fuente múltiple. En esta se implementaron una sucesión de dos y tres explosiones sucesivas combinando diferentes frecuencias en los pulsos de entrada. Los resultados muestran que las señales generadas incluyen la naturaleza de las fuentes y los efectos de propagación para cada una de ellas, de lo que resulta una señal más compleja y de más larga duración, en la que se identifican fases repetitivas del interior y de naturaleza superficial. A partir de esto, se pueden combinar una sucesión de fuentes en forma conveniente para generar señales similares a los eventos denominados Híbridos (o Tipo AB) y Tipo B.

Aunque la comparación con eventos reales resulta muy complicada hemos iniciado con las primeras comparaciones para eventos del Popocatepetl. Hemos concluido que los eventos volcánicos contienen algunas de las fases observadas en nuestras simulaciones, pero que la forma y tiempo de llegada difiere de acuerdo a la complejidad de la estructura interior. Damos por hecho la existencia de ondas de Rayleigh independientemente de la suposición de fuente sencilla o múltiple. La comparación para eventos de tipo híbrido y tipo B recae principalmente en los trenes de onda de diferente frecuencia contenidas en las señales simuladas.

SISG-40

### LOCALIZACIÓN DE SISMOS LOCALES CON BASE EN DIFERENCIAS DE TIEMPO Y BÚSQUEDA GENÉTICA; APLICACIONES VOLCANOLÓGICAS

F. Alejandro Nava P.  
Depto. de Sismología, CICESE  
E-mail: fnava@cicese.mx

Se presenta un método (y el correspondiente programa en Matlab) para localización de sismos o señales sísmicas locales, mediante el uso de diferencias de tiempo (en vez de tiempos de arribo), prelocalización geométrica y localización mediante búsqueda de tipo genético, en un medio de capas planas y con un cono truncado opcional que puede servir como primera representación de un edificio volcánico. Se discute algunas ventajas del método sobre otros métodos de localización tradicionales; se presenta algunos resultados y sus comparaciones con los de otros métodos.

SISG-41

**LOCALIZACIÓN DE TREMOR VOLCÁNICO**

Juan Carlos Cerda Chacón<sup>1</sup>, Fidencio Alejandro Nava Pichardo<sup>1</sup>  
y Gabriel A. Reyes Dávila<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Sismología, CICESE

E-mail: jcerda@cicese.mx

<sup>2</sup> RESCO, Universidad de Colima

Las causas que originan el tremor volcánico son prácticamente desconocidas. La localización de la fuente del tremor volcánico ayudaría a entender las causas que producen este tipo de fenómeno. En este trabajo nos dedicamos a resolver el problema de la localización del tremor volcánico, mediante la identificación de señales correspondientes en las distintas estaciones sismológicas y su subsecuente localización mediante un programa que utiliza tiempos relativos.

Para la identificación de dichas señales utilizamos dos metodologías. La primera se basa en el análisis de la correlación cruzada entre una señal, extraída de una ventana de tiempo de alguna estación sísmica elegida, y los registros del mismo evento alrededor de la ventana de tiempo seleccionada, en las estaciones sísmicas restantes. La segunda metodología se basa en la identificación mediante un filtro de Wiener.

Para este trabajo utilizamos los registros digitales de las estaciones de RESCO que se encuentran sobre y alrededor del Volcán de Colima y presentamos algunos resultados preliminares.

SISG-42 CARTEL

**POR QUE ESTUDIAR SEÑALES ELECTROMAGNÉTICAS DURANTE SISMOS**

J.A.L. Cruz-Abeyro, R.P. Enriquez, R. Zúñiga y A. Kotsarenko  
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.  
E-mail: lcabeyro@geociencias.unam.mx

Hacemos una descripción de la fenomenología asociada, esto es el fenómeno sísmico que toma lugar en la litosfera, atmósfera e ionosfera/magnetosfera y sus eventos relacionados. Se presentan algunas observaciones importantes de diferentes investigadores así como algunas observaciones de pulsaciones geomagnéticas y actividad sísmica en México.

SISG-43 CARTEL

**ANÁLISIS DE DATOS DE MICROPULSACIONES MAGNÉTICAS DURANTE TERREMOTOS DE  $M \geq 6.0$ , OCURRIDOS EN MÉXICO EN LOS AÑOS 2000 Y 2001**

J.A.L. Cruz-Abeyro, R.P. Enriquez, R. Zúñiga y A. Kotsarenko  
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.  
E-mail: lcabeyro@geociencias.unam.mx

La predicción de sismos actualmente tiene una prioridad fundamental, ya que se tiene una gran pérdida de vidas humanas y se afecta la economía donde el riesgo sísmico es

muy alto. Se han reportado diferentes precursores de sismos, con resultados controversiales, pero el fenómeno electromagnético ULF (ultra low frequencies o micropulsaciones) se ha encontrado muy prometedor para la predicción a corto plazo de un sismo. En este trabajo presentamos un análisis de observaciones ULF en el rango de 0.006 a 2 Hz, durante terremotos de magnitud igual o mayor a 6.0, ocurridos en México, en los años 2000 y 2001, eliminando aquellos para los cuales exista actividad geomagnética importante.

SISG-44 CARTEL

**ESTUDIO PALEOSÍSMICO EN LA CIUDAD DE QUERÉTARO: UN PROYECTO PILOTO**

Amabel Ortega-Rivera<sup>1</sup>, Carlos Vargas-Cabrera<sup>1</sup>, Pilar Villamor<sup>2</sup>,  
Robert Langridge<sup>2</sup>, Peter Schaaf<sup>3</sup> y Ramón Zúñiga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Qro.

E-mail: amabel@geociencias.unam.mx

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias Geológicas y Nucleares de Nueva Zelanda

<sup>3</sup> Instituto de Geofísica, UNAM

Comparados con las márgenes de placas son relativamente pocos los terremotos ocurren en el interior de los continentes, como resultado, se considera que las regiones continentales interiores son tectónicamente estables. La evaluación de riesgo sísmico en regiones continentales "estables" se basa en los registros históricos para identificar los lugares factibles para futuros terremotos dañinos. Recientemente se ha visto que el llevar a cabo estudios paleosísmicos de superficies de ruptura históricas y en fallas Cuaternarias proveen de un mejor marco para el entendimiento del comportamiento de fallas de riesgo en regiones continentales estables. Entonces, la evaluación de riesgo sísmico en regiones continentales estables puede ser mejorada mediante la incorporación de información paleosísmica, geológica y geofísica a la información sismológica tradicional.

La ciudad de Santiago de Querétaro se encuentra en una región continental estable y en base a esto se efectuó un estudio piloto para detectar fallas activas en la ciudad que puedan ayudar en la estimación de riesgo sísmico presente para la población y para conocer posibles eventos que han afectado la zona en el pasado. Para esto se escogió la falla Central de Querétaro.

Esto se hizo mediante un estudio multidisciplinario que incluyó: la excavación de una trinchera, interpretación estratigráfica, toma de muestras para fechado por <sup>14</sup>C y termoluminiscencia, geomorfología, levantamiento gravimétrico, métodos eléctricos, georadar, etc., con el objeto de encontrar el registro de algún evento paleosísmico. La falla, es una falla normal de orientación N10°W, con echado 82°SW, desplazamiento vertical calculado de 100m y una longitud de alrededor de 14km. Presenta un escarpe bien definido en el aluvión de edad Holoceno principalmente debido a subsidencia en la parte W de la falla.

Interpretación de datos preliminares obtenidos en la trinchera indican la ocurrencia de al menos un evento con alrededor de 30 cm de desplazamiento normal en los últimos 4000 años.

SISG-45 CARTEL

**SISMICIDAD EN COLIMA EN EL PERIODO 11/01 AL  
10/02**

Carlos A. Ramírez-Vázquez y Gabriel A. Reyes-Dávila  
RESCO, CUEIV, Universidad de Colima  
E-mail: gard@cgcic.ucol.mx

La sismicidad de carácter tectónico registrada en la región del estado de Colima durante el último año en general presenta el mismo patrón observado desde el inicio de operaciones de la RESCO, localizándose principalmente en la porción oeste del estado y en el mar frente a sus costas. En el periodo reportado se localizaron aproximadamente 1250 eventos con un rango de magnitudes de 2.4 a 4.5 con siete de ellos reportados como sentidos por la población. Durante el último año no se presentaron secuencias sísmicas en la región y el promedio mensual de eventos para todo el año se mantiene uniforme.

En el presente trabajo se presenta una descripción detallada de la sismicidad mencionada arriba así como una discusión de la misma.

SISG-46 CARTEL

**STANDING TORSIONAL WAVES IN FLUID-SATURATED  
POROUS CIRCULAR CYLINDER**

Selene Solorza and Pratap N. Sahay  
Depto. de Sismología, CICESE  
E-mail: solorza@cicese.mx

For dynamic measurement of elastic constants of a porous material saturated with viscous fluid when resonance-bar techniques are applied, one also observes attenuation. In this work we have carried out the solution of boundary value problem associated with torsional oscillation of a finite poroelastic circular cylinder, casted in the framework of volume-averaged theory of poroelasticity. Analysing this solution by a perturbative approach we are able to develop explicit expressions for resonance frequency and attenuation for this mode of vibration. It shows how the attenuation is controlled by the permeability and the fluid properties, and how the resonance frequency drops over its value for the dry porous frame due to the effect of the fluid-mass.