

Sesión Especial

**SISMOS SIGNIFICATIVOS EN  
MÉXICO 2011-2012/SIGNIFICANT  
EARTHQUAKES IN  
MEXICO 2011-2012**

Organizadores:

Vala Hjörleifsdóttir  
Xyoli Pérez-Campos

SE19-1

**EL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL:  
ACTIVIDAD SÍSMICA 2011 - 2012 EN MÉXICO**

Valdés González Carlos<sup>1</sup>, Jiménez Cruz Casiano<sup>2</sup>, Espíndola Castro Víctor Hugo<sup>2</sup>, Estrada Castillo Jorge A.<sup>2</sup>, Pérez Santana Jesús A.<sup>2</sup>, Franco Sánchez Sara I.<sup>2</sup>, Cárdenas Monroy Caridad<sup>2</sup>, Yi Li Tan<sup>2</sup>, Cárdenas Ramírez Arturo B.<sup>2</sup>, Cruz Cervantes José Luis<sup>2</sup>, Navarro Estrada Fernando<sup>2</sup>, Rodríguez Rasilla Iván<sup>2</sup>, Hurtado Díaz Alejandro<sup>2</sup>, Arreola Manzano Jonatan<sup>2</sup>, Caballero Jiménez Gema V.<sup>2</sup>, González López Adriana<sup>2</sup>, Hernández Valdivia Leobardo<sup>2</sup> y Vidal Amaro Margarita<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>SSN

carlosv@ollin.igeofcu.unam.mx

El Servicio Sismológico Nacional (SSN), dependiente del Instituto de Geofísica de la UNAM, detectó 7,171 sismos en el Territorio Nacional, de enero de 2011 a julio de 2012. De estos, 22 tienen magnitudes mayores o iguales a 5.5, y 4 de ellos son mayores a 6.5. En promedio, esta cifra representa 13 eventos por día en México.

Durante este período, se presentaron enjambres sísmicos importantes, como los 38 sismos al SE de Cd. Juárez, Chih., en mayo de 2011; los 53 sismos ocurridos cerca de Linares, NL en julio y agosto de 2012; y los 7 sismos cercanos a Chalco en el Edo. Mex., en junio-julio de 2012. Además de estos enjambres tenemos sismos importantes como el de las Choapas Veracruz, de M=6.7, en abril del 2011; el de Zumpango del Río, Gro., de M=6.5; el más grande e importante, por sus repercusiones, de Ometepe-Pinotepa Nacional, del 20 de marzo de 2012, con magnitud de 7.4; estos tres últimos sentidos en la región centro de México; y finalmente el del 12 de abril, de M=6.8 al Noreste de Guerrero Negro, BC.

44 estaciones integran la red vertebral de banda ancha del SSN, tienen sensores de velocidad de 120 segundos, acelerómetros triaxiales, y también en 19 de ellas receptores GPS. 5 estaciones más, serán instaladas en el Estado de Oaxaca en Septiembre del presente año. La información es transmitida en tiempo real al SSN en la UNAM, principalmente vía enlaces satelitales, y otras por Internet y 2 por vía telefónica dedicada. A esta red vertebral, se le suma la Red Sísmica del Valle de México (RSVM), con 12 estaciones de banda ancha en la zona metropolitana y conurbana, y una Red que consta de una estación de banda ancha en cada una de las 16 Delegaciones Políticas de la Ciudad de México. Cuatro estaciones en el volcán Tacaná, transmiten también en tiempo real, mejorando la detección en la zona sur-este del país. Actualmente también intercambiamos información con instituciones de educación superior: Instituto de Ingeniería de la UNAM, CICESE, Universidad de Colima, CENAPRED, UNICACH, La Universidad Veracruzana y La Universidad Autónoma de Nuevo León, iniciando así la conformación de la Red Sísmica Mexicana.

La información de las estaciones sismológicas, es recibida por un sistema de detección Earthworm, el cual ha sido modificado para, además de realizar localizaciones en tiempos muy cortos, notificar desde la detección de un sismo por más de un cierto número de estaciones. Estas notificaciones, están siendo enviadas por diferentes medios, incluyendo teléfonos celulares, y vía Twitter. También se han adecuado sistemas automáticos de cálculo de magnitudes con diversos métodos y cálculo del tensor de momento sísmico en forma rápida y automática.

Con la infraestructura mencionada, pretendemos alcanzar el objetivo principal del SSN, de proporcionar información oportuna sobre la ocurrencia de sismos en México y determinar sus principales parámetros como son la magnitud y el epicentro, y mejorar la información necesaria para aumentar nuestra capacidad de evaluar y prevenir el riesgo sísmico y volcánico a nivel nacional.

SE19-2

**GUERRERO-OAXACA, MEXICO EARTHQUAKE  
OF MARCH 20, 2012 (MW7.4): AN OVERVIEW**

Singh Shri Krishna<sup>1</sup>, UNAM Seismology Group<sup>2</sup>, Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco<sup>3</sup> y Seismological Laboratory<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Metropolitana

<sup>4</sup>California Institute of Technology

krishna@ollin.igeofcu.unam.mx

The earthquake occurred in a region where a transition in the source characteristics seems to occur. To the east, in Oaxaca, three segments can be identified, each rupturing in earthquakes in the magnitude range 7.3 and 7.6 with a recurrence period of 30-50 years. Sources are remarkably simple. The three segments broke during one episode in 1787 (Mw=8.4). The pattern of large earthquakes to the west (in eastern Guerrero) is more complex. The magnitudes range from ~6.9 to 7.5. Recurrence is difficult to establish because of poorly known epicenters and aftershock/rupture areas of events before 1982. Some earthquakes are simple while others are complex. Analysis of local and regional

data from the 2012 earthquake is still in progress. The details will be presented by others in this session. Here we provide an overview of the emerging results:

1. The earthquake nucleated at 16.254°N and 98.530°W (depth 20km fixed) near the coast along the Guerrero-Oaxaca border and propagated downdip towards NE. NEIC location is 58km to N40°E.

2. Aftershocks define an area of ~50x50km<sup>2</sup>. It partially overlaps the aftershock area of the 1982 doublet (Mw6.9, 7.0) to the west and with that of the 1968 earthquake (Mw7.3) to the east. A slow earthquake which occurred on 25/02/1996 (Mw7.1) was located offshore from the 2012 aftershock area.

3. Number of aftershocks with mb#5 occurring within 30 days of the mainshock is the largest of all large Mexican subduction events since 1965. Next is the 1996 (Mw7.1) earthquake.

4. Largest aftershock (2/04/2012, H=12km; Mw6.0) was a normal fault indicating that in situ stress in the upper plate near the coast is extensional. Similar earthquake occurred ~20km NW of Acapulco on 8/10/2001 (Mw5.8). A possible cause of extensional stress is tectonic erosion.

5. Slip mapped from inversion of teleseismic data reveals a compact source ~35x35km<sup>2</sup>. Preliminary inversion of local and regional data suggests that the slip extended from near the coast to ~50km inland. Teleseismic slip area is located further inland most probably because of the shift in NEIC epicentral location.

6. Radiated seismic energies, Es, of 2012, the adjacent 1995 Copala (Mw7.3), and the slow 1996 earthquakes, computed from teleseismic P waves, are 6.2x10<sup>16</sup>J (Me 7.6; Es/M0 = 4.2x10<sup>-5</sup>), 2.0x10<sup>15</sup>J (Me7.3; Es/M0=1.5x10<sup>-5</sup>) and 2.3x10<sup>14</sup>J (Me6.7; Es/M0=4.2x10<sup>-6</sup>). Source of spectra of 2012 and 1995 earthquakes, computed from regional data, support these estimations.

7. PGAs in the epicentral zone exceeded 1 g at one station and 0.5 g at several sites. These sites, however, are probably 'soft'. At PNIG, a hard site, PGA was 0.2 g. Attenuation of PGA with distance is in agreement with predictions from previously-derived regressions.

Aftershock area roughly aligns with subducting seamounts which perhaps plays a critical role in the seismic characteristics of the region. High value of Es and large number of aftershocks may result from subduction of these seamounts. We can identify three depth domains on the plate interface: trench to ~15km where large slow earthquakes occur; 15km to ~30km where 'normal' earthquakes occurs; further downdip where deformation is accommodated by silent earthquakes.

SE19-3

**INVERSIÓN CINEMÁTICA DEL SISMO DE OMETEPEC  
(20/03/2012, MW=7.4) UTILIZANDO DATOS LOCALES**

Castro Artola Oscar, Iglesias Mendoza Arturo, Singh

Singh Shri, Hjörleifsdóttir Vala y Legrand Denis

Instituto de Geofísica, UNAM

oscar.cas.art@gmail.com

En este trabajo se presentan los resultados preliminares de la inversión cinemática del sismo de Ometepéc del 20 de marzo de 2012 (Mw=7.4) usando datos locales y regionales. Siguiendo el esquema propuesto por Cotton y Campillo (1995) se asume conocida la orientación del plano de falla y éste es dividido en celdas de igual tamaño para cada una de las cuales se calculan funciones de transferencia hasta cada estación de registro. Los sismogramas sintéticos son construidos, en el dominio de la frecuencia, como una combinación de las funciones de transferencia, el deslizamiento, el tiempo de ruptura y el tiempo de ascenso en cada subfalla.

Esta formulación es introducida en un esquema de cristalización simulada con el fin de invertir sismogramas observados a distancias locales y regionales.

Para el caso estudiado, el plano de falla fue dividido en 14 celdas de 5 x 5 km a lo largo del echado y 14 celdas de la misma dimensión a lo largo del azimut. Estas dimensiones del plano de falla permiten explorar posibles patrones complejos de ruptura.

Se utilizó un conjunto de datos acelerográficos de estaciones cercanas (< 150km) de las redes SASO (Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, AC; Instituto de Ingeniería, UNAM e Instituto de Geofísica, UNAM). Los sismogramas fueron alineados al tiempo de origen e integrados hasta obtener desplazamientos. Las inversiones muestran nula dependencia del tiempo de ascenso mientras que los tiempos de ruptura pueden ser explicados considerando una velocidad de ruptura aproximadamente constante. La distribución de deslizamientos en el plano de falla muestra dos zonas de deslizamiento importante y relativamente alejadas del punto de nucleación. Su distribución espacial sugiere que la ruptura se propagó en dirección del echado (aproximadamente NE). Sin embargo también se encuentra una distribución compleja de pequeños parches inconexos de desplazamiento.

Por esta razón se modificó el esquema original para restringir las soluciones de la inversión a distribuciones de deslizamiento suavizadas.

Con el fin de explorar la posible no-unicidad del problema se llevaron múltiples inversiones variando los pesos de las estaciones y se encontró un patrón relativamente estable y con características generales como el mencionado anteriormente.

SE19-4

#### MODELOS DE DESLIZAMIENTO DE LOS SISMOS DE MARZO Y ABRIL 2012 EN OAXACA Y MICHOACÁN: INVERSIÓN RÁPIDA DE DATOS TELESÍSMICOS

Mendoza Carlos  
Centro de Geociencias, UNAM  
cmendoza@geociencias.unam.mx

Se aplica un procedimiento de inversión de falla finita a los eventos del 20 de Marzo y 11 de Abril 2012 en Oaxaca y Michoacán para determinar rápidamente el deslizamiento cosísmico utilizando formas de onda P de banda ancha registradas a distancias telesísmicas. La inversión sigue la metodología de Hartzell y Heaton (1983) que regulariza el sistema lineal para suavizar el deslizamiento a lo largo de la falla y minimizar el momento sísmico. El nivel de regularización en la inversión está relacionado a las amplitudes de los registros y se calcula directamente de los elementos de la matriz de coeficientes, permitiendo la recuperación del patrón de ruptura en un solo paso. Las dimensiones y orientación de la falla se definen a partir de la magnitud y el mecanismo del sismo. Se utilizan cinco ventanas de tiempo de 1seg cada una, permitiendo tiempos de dislocación de hasta 5seg sobre el plano de falla. Se invierten registros de 30seg iniciando en los tiempos de arribo de la onda P utilizados por el USGS (<http://earthquake.usgs.gov>) para localizar los eventos. Para el sismo de Marzo (Oaxaca), el área de ruptura cubre 40 x 40 km<sup>2</sup> y se extiende principalmente al noroeste del hipocentro con un deslizamiento máximo de 4m y un momento sísmico de 1.4e27 dinas-cm (Mw 7.4). Para el sismo de Abril (Michoacán), el deslizamiento es menor (1.2m máximo) y cubre un área de 15 x 15 km<sup>2</sup> con un momento sísmico de 6.4e25 dinas-cm (Mw 6.5). Las soluciones se obtienen en menos de un minuto después de recolectar los datos telesísmicos, indicando que la metodología se puede utilizar de manera rutinaria para recuperar rápidamente los patrones de deslizamiento para sismos de magnitud mayor a 6.5 en México.

SE19-5

#### THE SLIP HISTORY OF THE MARCH 20 2012 GUERRERO-OAXACA EARTHQUAKE ESTIMATED FROM COMBINED ANALYSIS OF TELESEISMIC AND NEAR-FIELD GROUND MOTIONS

Hjorleifsdottir Vala<sup>1</sup>, Singh Shri Krishna<sup>1</sup>, Iglesias Mendoza Arturo<sup>1</sup> y Ji Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM  
<sup>2</sup>University of California, Santa Barbara  
vala@geofisica.unam.mx

The Mexican subduction zone is unusual: the width of the seismogenic zone is relatively narrow and a large portion of the co-seismic slip generally occurs below the coast, ~ 45 to 80 km from the trench. The earthquake recurrence interval is relatively short and almost the entire length of the zone has experienced a large (Mw#7.4) earthquake in the last 100 years (Singh et al., 1981).

Two earthquakes occurring on the subduction interface close to the Guerrero/Oaxaca border show contrasting behavior. Most of the slip of the 14 Sept 1995 Copala earthquake occurred on the part of plate interface directly under the coastline (Courbouléx et al 1997). A few months later the updip portion of the plate interface broke in the 25 Feb 1996 earthquake (Mw7.1), which was a slow earthquake and produced anomalously low PGAs (Iglesias et al., 2003). This indicates that in this region the area close to the trench is at least partially locked, with some earthquakes breaking the down-dip portion of the interface and others rupturing the up-dip portion.

The downdip and updip patches on the plate interface, which generally rupture independently, may slip during one great earthquake. This possibility must be accounted for in the estimation of maximum-magnitude earthquake along the subduction zone.

In this study we present a model of the slip distribution of the March 20 2012 Guerrero-Oaxaca earthquake, based on teleseismic and regional ground motions, obtained using a simulated annealing wavelet domain inversion method (Ji et al 2002). The event has a similar magnitude as the 1995 Copala earthquake and the waveforms of teleseismic P-waves are similar for the two events. Preliminary results show that the slip was concentrated on the plate interface below land, to the southeast of the area of large slip in the 1995 Copala earthquake. We investigate the spatial relationship between the areas of large slip of the 2012 Guerrero-Oaxaca and 1995 Copala earthquakes with aftershock areas of the 1982 doublet (Mw6.9, 7.0) to the west, 1968 earthquake (Mw7.3) to the east, and 1996 slow earthquake (Mw7.1) updip.

SE19-6

#### AFTERSHOCKS OF OMETEPEC, GUERRERO-OAXACA, EARTHQUAKE OF 20 MARCH 2012, MW=7.4

Riquelme Mauricio<sup>1</sup>, Aguirre Jorge<sup>2</sup>, Arellano Mauricio<sup>1</sup>, Bello Delia<sup>1</sup>, Castro Oscar<sup>1</sup>, Cruz Victor<sup>3</sup>, Espindola Victor Hugo<sup>1</sup>, Hjörleifsdóttir Vala<sup>1</sup>, Hurtado Alejandro<sup>1</sup>, Husker Allen<sup>1</sup>, Iglesias Arturo<sup>1</sup>, Legrand Denis<sup>1</sup>, Mendoza Daniel<sup>1</sup>, Novo Ximena<sup>1</sup>, Payero Juan<sup>1</sup>, Quintanar Luis<sup>1</sup>, Ramón Victor Manuel<sup>1</sup>, Real Jorge<sup>1</sup>, Reyes D.<sup>1</sup>, Singh Shri<sup>1</sup>, Solano Alinne<sup>1</sup>, Spica Zack<sup>1</sup>, Valdés Carlos<sup>1</sup>, Valenzuela Raúl<sup>1</sup>, Vera Gabriela<sup>1</sup>, Yamamoto Jaime<sup>1</sup>, Rodríguez Miguel<sup>2</sup> y Cuenca Julio<sup>2</sup>

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

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

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica, UNAM, Campus Morelia  
maurorg\_89@yahoo.com.mx

Following the Guerrero-Oaxaca earthquake, 6 sites in the epicentral region were occupied by seismographs and/or accelerographs. The data from this portable network, installed by UNAM (Institutos de Geofísica e Ingeniería), along with recordings from a local permanent broadband seismological station of Pinotepa Nacional (PNIG) operated by Mexican Seismological Service (SSN), were used to locate 1222 aftershocks occurring between 2 and 7 days following the mainshock. Our preliminary study shows that: (a) The aftershock area was more than 50kmx50km. This area appears to be larger than those mapped in slip inversion studies using teleseismic waves only, local and regional records alone, and using exclusively the near-source static displacement field. (b) The area defined by aftershocks reported by SSN during the same period is about the same. (c) The locations of the events reported by NEIC (USGS) during the period covered by our study show a systematic shift (of 50 +/- 10 km) to the East (latitudes being very similar). (d) Location of aftershocks 4 hours following the mainshock were located using the single station PNIG with a precision of few km (with a small shift to the NW) as confirmed a posteriori comparing the locations of aftershocks using 7 stations with respect to those using the single PNIG station estimated from azimuth and (S-P) time. This comparison is important as it helps to validate one-day aftershock area estimated from PNIG only when the portable network was not operational.

The aftershock activity following the earthquake seemed anomalously high. To check whether this was true, we have counted the number N of aftershocks of mb>=5.0 in a 30-day period following all shallow thrust event of Mw>=6.9 along the Mexican subduction zone since 1965. The result shows that the 2012 earthquake produced largest number of aftershock when N is normalized to the magnitude of the earthquake.

SE19-7

#### ANIMATIONS AND MODELING OF THE 2012 SLOW SLIP EVENT BENEATH SOUTHERN MEXICO AND THE ACCOMPANYING 20 MARCH 2012 MW=7.4 OMETEPEC EARTHQUAKE

Graham Shannon<sup>1</sup>, Cabral Cano Enrique<sup>2</sup>, Kostoglodov Vladimir<sup>2</sup>, Cotte Nathalie<sup>3</sup>, Radiguet Mathilde<sup>4</sup>, Walpersdorf Andrea<sup>3</sup>, Santiago José Antonio<sup>2</sup>, Brudzinski Michael<sup>5</sup>, McCaffrey Robert<sup>6</sup> y DeMets Charles<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Geoscience, UW

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

<sup>3</sup>ISTerre Université de Grenoble 1 - CNRS, Grenoble - France

<sup>4</sup>LSMS / ENAC / EPFL Lausanne, SWITZERLAND

<sup>5</sup>Department of Geology and Environmental Earth Science, Miami University, Oxford, OH, USA

<sup>6</sup>Geology Department, Portland State University, Portland, OR, USA

<sup>7</sup>Department of Geoscience, University of Wisconsin, Madison, WI, USA  
segraham@wisc.edu

We model continuous GPS observations of a slow slip event (SSE) beneath southern Mexico, spanning late-2011 to mid-2012, to evaluate whether it had a spatial and/or temporal relationship with the 20 March 2012 Mw=7.4 subduction earthquake beneath the Oaxaca-Guerrero border. Although ~10 SSEs have been recorded beneath the southern Mexico subduction zone since the late 1990s, the 2012 SSE was the first to coincide with a large subduction thrust earthquake. Resolving the relationship between SSE and seismogenesis, if any, is critical given the vulnerability of much of southern and central Mexico, including Mexico City, to large earthquakes in the Guerrero seismic gap. Preliminary modeling of coseismic offsets measured at 22 continuous GPS sites operating during the 20 March earthquake indicates two slip patches centered at ~18 and ~25 km depth, spanning approximately 15-30 km depth along the plate interface, with an average slip of 1 m, maximum slip of 3.8 m, and seismic moment 1.46E20 N#m (Mw=7.38). An animation of the observed SSE and earthquake will be presented, as will best-fitting slip distributions and stress change calculations to test the triggering hypothesis. Time permitting, animations of previous SSEs will also be presented to highlight the differences between shallower, larger magnitude SSEs beneath Guerrero and deeper, smaller magnitude SSEs beneath Oaxaca.

SE19-8

### RELATIONSHIPS BETWEEN SEISMICITY AND EPISODIC TREMOR AND SLIP ASSOCIATED WITH THE MW 7.4 MARCH 20, 2012 OMETEPEC EARTHQUAKE

Budzinski Michael R.<sup>1</sup>, Cabral Cano Enrique<sup>2</sup>, Arciniega Ceballos Alejandra<sup>3</sup>, Ghose Noorulann<sup>1</sup>, Sit Stefany<sup>1</sup>, Schlanser Kristen<sup>1</sup>, Holtkamp Stephen<sup>1</sup>, Colella Harmony<sup>1</sup>, Skoumal Robert<sup>1</sup>, Graham Shannon<sup>4</sup> y DeMets Charles<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Geology and Environmental Earth Science, MIAMIOH

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

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

<sup>4</sup>Department of Geoscience, University of Wisconsin, Madison, WI, USA

budzimr@muohio.edu

The Oaxacan segment of the Middle American subduction zone offers an ideal opportunity for detailed studies of the plate interface due to the unusually shallow subduction angle and ~50 km trench-to-coast distances that brings the seismogenic and transitional zones of the plate interface ~250 km inland. Moreover, the warm temperatures of young lithosphere and relatively rapid convergent rates lead to prominent megathrust seismicity with short recurrence intervals (decades). The extension of the seismogenic and transition zones of the plate interface inland in Oaxaca provides a natural laboratory for land-based geophysical instrumentation. Seven three-component broadband seismometers were installed in the summer of 2006, and two additional sites in 2008, resulting in a local network distributed over an area of ~400 km east-west and 300 km north-south with nominal ~80 km station spacing. Data from this network is particularly valuable now that a Mw 7.4 earthquake on March 20, 2012 near Ometepec has been captured within the network. The preliminary epicenter, depth (20 km), and finite fault model all place it at the downdip edge of the band of background seismicity that is thought to outline the boundary between the seismogenic zone and the transition zone where episodic tremor and slip occur. The local seismic network that surrounds this earthquake provides an opportunity to examine the potential relationships between such a large earthquake, background seismicity, slow slip and tectonic tremor. We utilize a range of different techniques to investigate these sources including automated event detection and association for background seismicity, template matching cross-correlation for repeating earthquakes, and frequency band amplitude ratio scanning for tectonic tremor. This presentation will summarize the spatial and temporal relationships between the different slip types and implications for future large earthquakes.

SE19-9

### BOOSTING OF NONVOLCANIC TREMOR BY REGIONAL EARTHQUAKES 2011-2012 IN GUERRERO, MEXICO

Real Pérez Jorge Arturo, Payero de Jesús Juan, Kostoglodov Vladimir y Husker Allen  
Instituto de Geofísica, UNAM  
jorge8428@gmail.com

Systematic observation of nonvolcanic tremor (NVT) in Guerrero, Mexico started in 2005 after the installation of MASE broadband seismic network. Since 2008 the new "G-GAP" network of 10 seismic mini-arrays provides the data for the NVT detailed studies together with the broadband stations of the Servicio Seismológico Nacional (SSN). Most of the NVT recorded in the central Guerrero area are of so called ambient type, which in most cases are related with the occurrence of aseismic slow slip events (SSE). While the locations of NVT are estimated relatively well, their depths are not reliable but distributed close to the subduction plate interface. The ambient NVT activity increases periodically every 3-4 months and is strongly modulated by large SSE. Another type of tremor has been observed in Guerrero during and after several large teleseismic events, such as Mw=8.8, 2010 Maule, Chile earthquake. This NVT was triggered by the surface waves when they traveled across the tremor-generating area. Large teleseismic events may also activate a noticeable post-seismic NVT activity. In subduction zones, triggering of the NVT and its post-seismic activation by the regional and local earthquakes have not yet been observed. We tried to detect the NVT triggered or boosting of post-seismic tremor activity by two recent large earthquakes that occurred in Guerrero: December 11, 2011, Mw=6.5 Zumpango, and March 20, 2012, Mw=7.4 Ometepec. The first earthquake was of the intraplate type, with normal focal mechanism, at the depth of 58 km, and the second was the shallow interplate event of the thrust type, at the depth of ~15 km. It is technically difficult to separate the NVT signal in its characteristic 1-10 Hz frequency range from the high frequency input from the regional earthquake. The Zumpango event, which is located closer to the NVT area, produced a noticeable boosting of post-seismic NVT activity to the North of its epicenter. Meanwhile the larger magnitude Ometepec earthquake apparently had no any observable influence on the NVT occurrence, furthermore some NVT activity observed before this event has not persisted after it. Further study should reveal the role of different factors on the NVT triggering and activation such as: the type of the seismic event, its magnitude, depth, and the distance from the NVT zone.

SE19-10

### TIEMPOS DE RECURRENCIA DE TERREMOTOS EN LA COSTA DE OAXACA - GUERRERO (ZONA 8)

Núñez Cornú Francisco Javier  
SisVOC, CUC, Vallarta, UDG  
fcornu@cuc.udg.mx

Oaxaca es la región sísmica más activa de México con 72 terremotos de 1542 a 2012 ( $m_b > 6.5$ ;  $M_s > 7.0$ ) lo que nos da una media de un terremoto cada 6.5 años. Tres tipos de terremotos ocurren en la Región: de falla inversa de bajo ángulo asociados al directamente al proceso de subducción de la Placa de Cocos bajo la Placa de Norteamérica con una profundidad de entre 15 y 25 km; de falla normal con una profundidad entre 65 y 120 km que ocurren al norte de la Cd. de Oaxaca ( $17^\circ N$ ); de falla normal con una profundidad entre 25 y 40 km que ocurren entre la costa y la Cd. de Oaxaca. Una zonificación sísmogénica basada en estudios sísmicos, tectónicos y de sísmicidad histórica fue propuesta en 1989 (Núñez-Cornú y Ponce, 1989). Se definieron ocho zonas, dos a lo largo de costa, una para el Istmo y el resto tierra adentro. De particular interés es la Zona 8, que abarca la costa oriental de Guerrero y la costa occidental de Oaxaca. En esta zona ocurrió en 1787 el terremoto histórico de mayor magnitud de México que generó el tsunami local más grande registrado en México. De 1787 a 1928 hubo un período de quietud sísmica y a partir de 1928 y hasta 1995 ocurrieron seis terremotos ( $M_L > 7.0$ ). 1928, 1937, 1950, 1968, 1982 (doblete) y 1995, lo que la convierte en la zona sísmica más activa de México en los últimos 100 años, esta periodicidad de sismos da una media de  $13.4 \pm 3.2$  años y sugiere al menos la existencia de 6 asperezas en la región y un posible doble frente sísmico. En 2012 ocurre un terremoto en la misma zona en un área en la que parece ser una séptima aspereza ubicada entre los dos frentes sísmicos propuestos. El modelo de tiempos de recurrencia de 13.4 años en la zona se modifica ligeramente a  $13.9 \pm 3.0$  años.

SE19-11

### DYNAMIC SOURCE INVERSION OF A M6.6 INTRASLAB EARTHQUAKE IN MEXICO: APPLICATION OF A NEW PARALLEL GENETIC ALGORITHM

Díaz Mojica John J.<sup>1</sup>, Cruz Atienza Víctor M.<sup>1</sup>,  
Madariaga Raúl<sup>2</sup>, Singh Shri K.<sup>1</sup> y Iglesias Arturo<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Ecole Normale Supérieure, Paris, Francia  
eljonjairo@gmail.com

We introduce a novel approach for imaging the earthquakes dynamics from ground motion records based on a parallel genetic algorithm (GA). The method follows the elliptical dynamic-rupture-patch approach introduced by Di Carli et al. (2010) and has been carefully verified through different numerical tests (Díaz-Mojica et al., 2012). Apart from the five model parameters defining the patch geometry, our dynamic source description has four more parameters: the stress drop inside the nucleation and the elliptical patches; and two friction parameters, the slip weakening distance and the change of the friction coefficient. These parameters are constant within the rupture surface. The forward dynamic source problem, involved in the GA inverse method, uses a highly accurate computational solver for the problem, namely the staggered-grid split-node. The synthetic inversion presented here shows that the source model parameterization is suitable for the GA, and that short-scale source dynamic features are well resolved in spite of low-pass filtering of the data for periods comparable to the source duration. Since there is always uncertainty in the propagation medium as well as in the source location and the focal mechanisms, we have introduced a statistical approach to generate a set of solution models so that the envelope of the corresponding synthetic waveforms explains as much as possible the observed data. We applied the method to the 2012 Mw6.6 intraslab Zumpango, Mexico earthquake and determined several fundamental source parameters that are in accordance with different and completely independent estimates for Mexican and worldwide earthquakes. Our weighted-average final model satisfactorily explains eastward rupture directivity observed in the recorded data. Some parameters found for the Zumpango earthquake are:  $D_t = 30.2 \pm 6.2$  MPa,  $E_r = 0.68 \pm 0.36 \times 10^{15}$  J,  $G = 1.74 \pm 0.44 \times 10^{15}$  J,  $E_t = 0.27 \pm 0.11$ ,  $V_r/V_s = 0.52 \pm 0.09$  and  $M_w = 6.64 \pm 0.07$ ; for the stress drop, radiated energy, fracture energy, radiation efficiency, rupture velocity and moment magnitude, respectively.

SE19-12

### SEISMIC ENERGY FOR THE 2011-2012 GUERRERO, MEXICO, EARTHQUAKES

Pérez-Campos Xyoli y Singh Shri K.  
Instituto de Geofísica, UNAM  
xyoli@geofisica.unam.mx

There were six earthquakes with  $M_w \# 6$  in the Mexican subduction zone between December 2011 and May 2012, three were normal events and the other three

were thrust events. Of particular interest are those that took place on 12 December 2011 (Mw6.5, intraplate, normal), and on 20 March 2012 (Mw7.4, interplate, thrust).

For the first earthquake (Mw6.5), with epicenter in Guerrero where the subducted slab has a flat geometry, seismic energy,  $E_s = 0.69 \cdot 1.5 \times 10^{14}$  J from teleseismic data and  $1.2 \times 10^{14}$  J from regional data. The difference at teleseismic distances is the result from an azimuthal variability observed in the source spectra that is not evident in the regional data. The apparent stress,  $\mu^*E_s/M_0$  (assuming  $\mu = 4.5 \times 10^4$  MPa) is between 0.54 and 1.22 MPa. The global average for normal intraslab events, in a flat slab or with smooth geometry is  $0.43 \pm 0.27$  MPa (Choy and Kirby, 2004). The Oaxaca event (1999/09/30), also an intraplate earthquake, had an apparent stress of 0.51 MPa (Choy and Kirby, 2004).

For the second earthquake, with epicenter in the Guerrero-Oaxaca border (Mw7.4),  $E_s = 6.2 \times 10^{15}$  J. In this case, the apparent stress is 1.5 MPa. This earthquake seems more energetic than other earthquakes in the region, such as the Copala event (1995/09/14, Mw7.3,  $E_s = 1.7 \times 10^{15}$  J, apparent stress = 0.58 MPa) that shows a depleted spectra in lower frequencies with respect to the 2012/03/20 earthquake, or the 1996/02/25 earthquake (Mw7.1,  $E_s = 2.4 \times 10^{14}$  J, apparent stress = 0.2 MPa), this one with epicenter closer to the trench. The events and seismic activity in this region seems to delineate two seismogenic domains with depth: 1) A shallow zone (<15 km) with the potential of generating slow tsunamigenic earthquakes; and 2) a complex seismogenic zone (15-30 km), capable of generating regular events as well as very energetic earthquakes, characterizing this behavior has important hazard implications for expected damage from strong motions. Further down dip, this region is also characterized by silent slow slip and non-volcanic tremors.

SE19-13

### INTRASLAB VERSUS INTERPLATE EARTHQUAKES AS RECORDED AND FELT IN THE VALLEY OF MEXICO

Singh Shri Krishna<sup>1</sup>, Ordaz Mario<sup>2</sup>, Pérez-Campos Xyoli<sup>1</sup> y Iglesias Arturo<sup>1</sup>

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

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

krishna@ollin.igeofcu.unam.mx

The Valley of Mexico is exposed to seismic hazard from interplate and intraslab earthquakes. An important but unresolved issue is the relative importance of the two types of earthquakes in the seismic hazard of the region. There are also frequent reports (e.g., following the Zumpango 2011, Mw6.6, earthquake) suggesting that ground motions during intraslab earthquakes are more intense than during the interplate earthquakes, at least in the hill-zone. Are these reports supported by recorded data? To provide quantitative answers to these issues, we examine all recordings at hill-zone site, CU, since 1964 and lake-bed zone site, SCT, since 1985. We find that:

(1) Amax exceeded 6gal during 20 earthquakes recorded at CU since 1964. Of these, nearly half were intraslab events. More formally, the exceedance rate of Amax, at least for #6gal, from both types of earthquakes is ~same. The estimated return period of Amax of 30 gal from interplate and intraslab earthquakes at CU is ~100yrs. Amax data from interplate and intraplate earthquakes at CU shows a temporal variation that is consistent with locking and unlocking of plate interface.

(2) The character of the ground motion during the two types of events at a given site greatly differs. For example, out of the 20 earthquakes which produced the largest high-frequency (2.5-8.5 Hz) accelerations (HF Amax) at CU since 1964, the top 7 were all intraslab earthquakes. Even at the lake-bed site of SCT, the HF Amax values are, generally, associated with intraslab earthquakes. It is reasonable to expect that these earthquakes would be felt more strongly than the interplate earthquakes by persons living in low-rise dwellings in the hill-zone of the city. Thus, the felt reports, which partly motivated this study, are supported by the recorded data.

(3) The difference in ground motion characteristics results from the fact that the intraslab earthquakes (a) occur at greater depth (35 to 80 km) and closer distances to the Valley of Mexico City (as close as 145 km) than the interplate earthquakes (depth ~15-20km; hypocentral distance#300km), and (b) they are more energetic (involving greater stress drop) than the interplate earthquakes.

(4) It follows that low-rise construction, which probably constitute about 80% of the total in the valley, is more vulnerable to intraslab earthquakes than to interplate events.

SE19-14

### EL ENJAMBRE SÍSMICO DE LA COSTA SUR DE JALISCO DE ABRIL DE 2012

Rodríguez Rosales Pedro de Jesús

Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, SISVOC, UDG  
pedro\_genera@hotmail.com

Una de las características que se han observado de la sismicidad de la corteza continental en la zona de subducción de la Placa de Rivera bajo el Bloque de

Jalisco, es el hecho de que parece estar controlada por rasgos estructurales o lineamientos sísmicos. Uno de estos lineamientos que ha sido identificado es el que parte de la costa en dirección NE pasando por La Huerta, Autlán de Navarro, Casimiro Castillo hasta llegar a Ejutla. Entre el 20 de abril y el 3 de mayo ocurrió un enjambre sísmico en esta zona en el cual se localizaron más 110 sismos con datos de la Red Sísmica Acelerométrica de Jalisco (RESAJ), donde los sismos principales ocurrieron el 22 de abril a las 18:12 GMT con una  $M_l=5.6$  y a las 19:43 GMT con una  $M_l=5.1$ . Se presenta un análisis espacio temporal de este enjambre y sus características sísmicas.

SE19-15

### SISMICIDAD LOCAL EN LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO, PARTICULARMENTE EN EL VALLE DE CHALCO

Bello Segura Delia Iresine, Quintanar Robles Luis y Jiménez Jiménez Zenón

Instituto de Geofísica, UNAM

iresinedel@yahoo.com.mx

El Valle de México se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico. Sin embargo, las mayores afectaciones en esta zona, debido a sismos, han sido por aquellos que tienen su epicentro en la zona de subducción. En general los sismos originados en el esta zona son de magnitudes bajas entre 2.5 y 4. Debido a la relativa poca información que se tiene hasta el día de hoy, se desconocen la naturaleza de estos sismos, se cree que podrían ser debidos a algún sistema de fallas antiguo o a la actividad volcánica de la región.

A partir del último catálogo de sismos con epicentro en el Valle de México que comprende de 1996 al 2012, se distinguen 4 zonas con concentración de sismos, la primera es al Norte de la Cuenca de México, la segunda en la Sierra del Chichinautzin, la tercera en el oriente de la Cuenca de México y la cuarta el área que rodea el volcán Popocatepetl, son generalmente eventos sísmicos asociados con la actividad del volcán. En la región oriente de la cuenca, comprende los municipios de Texcoco, Valle de Chalco, así como las Delegaciones Tláhuac y Milpa Alta. En el mes de Julio del 2012 se presentaron una serie de 5 sismos en el municipio de Valle de Chalco del Estado de México.

Empleando las formas de onda de estos sismos obtenidas de la Red del Valle de México y también de la red del SSN se encontraron los mecanismos focales y los parámetros de fuente de sismos específicamente con epicentro en el Valle de Chalco. Con este estudio se pretende conocer las características focales de esta sismicidad que por sus características resulta de gran importancia ya que aporta información de las fallas que probablemente sean la causa de esta sismicidad y además para el conocimiento preciso del peligro sísmico en esta región.

SE19-16

### ESTADO DE LA SISMICIDAD EN LA CURVATURA DE MONTERREY Y ANÁLISIS DEL ENJAMBRE SÍSMICO OCURRIDO DURANTE LOS MESES JULIO - AGOSTO DE 2012 EN LA REGIÓN DE LINARES, NUEVO LEÓN

Montalvo Arrieta Juan Carlos y Ramos Zúñiga Luis Gerardo

Ciencias de la Tierra, UANL

montalvo@fct.uanl.mx

El Noreste de México ha sido considerado durante mucho tiempo como una región asísmica. Sin embargo, existe la evidencia histórica de la ocurrencia de temblores desde hace más de 160 años. La cual ha sido confirmada a partir de la instalación de la estación LNIG en enero de 2006 en la Facultad de Ciencias de la Tierra de la UANL. Este observatorio sismológico pertenece al Servicio Sismológico Nacional. En este trabajo se presentan resultados del estudio de la sismicidad en esta porción del país, así como de la secuencia sísmica compuesta de más de 50 terremotos (2.9 # M # 3.6) observada durante los meses de julio - agosto de 2012. Se propone un modelo geodinámico conceptual intraplaca para explicar los patrones de sismicidad observados a partir de correlacionar (a) la actividad sísmica; (b) datos aeromagnéticos; (c) información geológico-estructural disponible.

SE19-17 CARTEL

### ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE PROPAGACIÓN DE ONDAS SUPERFICIALES EN LA RED ACCELEROMÉTRICA DE OAXACA PARA EL SISMO DE OMETEPEC, 20.03.2012; MW=7.4

Cárdenas Soto Martín<sup>1</sup> y Reyes Pimentel Thalía Alfonsina<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Centro Nacional de Prevención de Desastres  
martinc@unam.mx

El 20 de marzo de 2012 el Sistema de Alerta Sísmica de Oaxaca (SASO) registró el sismo de magnitud  $M_w=7.4$ , evento que a la fecha lleva más de 800 réplicas. Utilizamos los registros de la red acelerométrica para realizar un estudio preliminar sobre las características de propagación de ondas

superficiales a lo largo de las diferentes trayectorias epicentro-estación. Nuestro propósito es explorar los efectos de trayecto debido a las variaciones laterales en la estructura de la corteza en la región de Oaxaca. Para ello calculamos la curvas de velocidad de grupo en periodos menores de 1 s en los tres componentes del movimiento. Utilizando las propiedades de polarización para estimar direcciones de propagación a lo largo de cada trayectoria y entre pares de estaciones. Finalmente realizamos una confrontación de resultados con aquellos de estudios previos a fin de contribuir al conocimiento de la estructura cortical, y mejorar la comprensión sobre movimiento sísmico registrado en la región. Los resultados obtenidos muestran variaciones importantes en función de la dirección de propagación; diferencias que se acentúan entre las trayectorias a lo largo y perpendicular a la costa.

SE19-18 CARTEL

**MECANISMOS FOCALES DE LAS RÉPLICAS DEL SISMO DE GUERRERO-OAXACA, 20 DE MARZO 2012**

De la Vega Cabrera Oscar Omar<sup>1</sup> y Hjorleifsdottir Vala<sup>2</sup>

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

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

dex\_omega19@hotmail.com

En los últimos meses la actividad sísmica en el sureste mexicano se ha visto en aumento con sismos de magnitudes mayores a 6, donde el sismo de mayor impacto es el temblor del 20 de marzo 2012 cerca de Ometepec, Guerrero, ocurrió en la falla de cabalgamiento entre la placa Cocos y la placa Norteamericana con una magnitud de 7.4.

El temblor ha generado una secuencia de réplicas muy numerosa y hasta

ahora se han registrado más de 12 réplicas con magnitudes mayores a 5. La más grande de las réplicas con un mecanismo normal y probablemente ocurrió en una falla de extensión en la placa superior. Usando redes globales se ha estimado el mecanismo focal de 7 de ellos (globalcmt.org); un total de 5 eventos con

mecanismo inverso y 2 eventos con mecanismo normal con mínima componente lateral.

Analizando réplicas con magnitudes menores, que son aún más numerosas, se podría obtener una imagen más completa de las fallas activas durante la secuencia de réplicas permitiendo mapearlas.

En este trabajo modelamos las formas de onda para todas las réplicas con magnitud mayor que 4.5 con el motivo de estimar sus mecanismos focales. Los eventos de baja magnitud generan ondas de superficie con mayor energía en periodos en el orden de 20 segundos. Estas ondas son muy sensibles a la estructura de velocidad en la corteza. Por la compleja estructura

de la corteza en la zona, estas ondas no pueden ser bien modeladas usando un modelo de velocidad de capas planas. En este trabajo usamos un método de inversión de formas de onda (Liu et al 2005) basado en sismogramas sintéticos calculados usando un método de propagación de ondas de elementos espectrales (Komatitsch & Tromp 2002). El método incorpora los efectos de topografía en la superficie y en la interfaz entre la corteza. Presentamos los mecanismos

estimados y comparamos los resultados con los obtenidos por el Global CMT y el Servicio Sismológico Nacional.

SE19-19 CARTEL

**EL SISMO DEL 7 DE ABRIL DE 2011 Y SU REPERCUSIÓN EN TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS**

González Herrera Raúl<sup>1</sup>, Mora Chaparro Juan Carlos<sup>2</sup>, Aguirre González Jorge<sup>3</sup>, Novelo Casanova David A.<sup>2</sup> y Gil Ríos Alondra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, UNICACH

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

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

ingerraul@yahoo.com

Los daños históricos por eventos sísmicos son un elemento clave a considerar para entender el peligro sísmico de una región. Éstos se pueden representar con un mapa de intensidades sísmicas, como el desarrollado por Figueroa (1986), para el cual se utilizaron 49 mapas de isosistas, que tomaban en cuenta los sismos más importantes ocurridos en nuestro país entre el 7 de abril de 1845 y el 19 de septiembre de 1985.

No obstante la intensa actividad sísmica en Chiapas, hay pocas evidencias documentadas de daño sísmico extensivo en el estado y el recuerdo de los efectos de los sismos se resumen a los daños generados por el sismo de Villaflores del 20 de octubre de 1995.

El 7 de abril de 2011 se presentó un sismo de magnitud 6.7 e intensidad de VI a 83 km de las Choapas, Veracruz, generando en Tuxtla Gutiérrez un conjunto

de daños significativos para la distancia de la fuente, la profundidad (167 km) y la magnitud del evento.

Tras analizar los efectos del sismo contemplando datos del SSN y de la RIIS, información del Instituto de Protección Civil del Estado de Chiapas, recorridos de campo, trabajo analítico y técnicas de SIG, se hace evidente el efecto de sitio en el centro de la ciudad y la vulnerabilidad de algunas de sus construcciones, además de que se fortalece la importancia de contar con reglamentos más actualizados para la ciudad.

SE19-20 CARTEL

**CAMPO DE LA DEFORMACIÓN 3D DEL TERREMOTO EL MAYOR-CUCAPA A PARTIR DE LA COMPARACIÓN DE NUBES DE PUNTOS LIDAR AÉREOS COLECTADOS ANTES Y DESPUÉS DEL TEMPLOR**

Hinojosa Corona Alejandro<sup>1</sup>, Nissen Edwin<sup>2</sup>, Arrowsmith Ramón<sup>2</sup>, Krishnan Aravindhan<sup>2</sup>, Saripalli Srikanth<sup>2</sup>, Oskin Michael<sup>3</sup>, Limón Jesús Francisco<sup>1</sup> y Arregui Sergio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

<sup>2</sup>Arizona State University

<sup>3</sup>University of California Davis

alhinc@pangea.cicese.mx

El terremoto Mw 7.2 El Mayor-Cucapa (EMCE) del 4 de abril 2010 en Baja California, generó una ruptura superficial de ~ 110 km de largo, con orientación NW-SE a lo largo de la Sierra Cucapá, con deslizamientos normal- lateral derecho del orden de 2-3 m. Desplazamientos verticales y horizontales producidas por la EMCE han sido estudiados por separado por una variedad de autores con diversas técnicas de teledetección. La variación en el deslizamiento a lo largo de la ruptura, así como la erosión y la difusión del escarpe han sido estudiados a partir de levantamientos Lidar terrestre en segmentos de la ruptura. Para complementar estos estudios, en este trabajo se calculó el campo de deformación 3D a partir de la comparación de nubes de puntos pre y post-evento colectados en levantamientos LiDAR aéreos. El LiDAR pre- evento con una densidad de puntos menor (0,013 a 0,033 puntos m-2) requirió de filtrado y post-procesamiento antes de comparar con la más densa (9-18 puntos m-2) y más exacta nube de puntos post-evento. El campo de deformación superficial se determinó a través de una adaptación del algoritmo iterativo del punto mas cercano (ICP), implementado en la Librería abierta de nubes puntos (PCL). El algoritmo primero divide las nubes de puntos en ventanas discretas e iterativamente busca la optima transformación rígida (que implica traslaciones y rotaciones) que mejor alinea los puntos pre-evento a los post-evento. Se probó el algoritmo generando rupturas sintéticas sobre la nube de puntos pre-evento con desplazamientos de magnitud conocida. Ventanas con dimensiones de 100-200 m dieron los mejores resultados para los conjuntos de datos con estas densidades. Se presenta el campo de la deformación EMCE con énfasis en segmentos de la falla Borrego y El Paso Superior, donde la ruptura superficial fue más espectacular y donde podemos comparar nuestros resultados con los valores medido en el campo.