

Sesión Regular  
**SISMOLOGÍA**

Organizadores:  
Francisco Zúñiga  
Roberto Ortega  
Allen Husker  
Christian Escudero

SIS-1

## LOS SISMOS DEL 20 Y 29 DE MAYO DE 2012 DE LA REGIÓN DE EMILIA-ROMAGNA (ITALIA): ATENUACIÓN, FUENTE Y EFECTOS DE SITIO

Castro Escamilla Raúl<sup>1</sup>, Pacor Francesca<sup>2</sup>, Puglia Rodolfo<sup>2</sup>, Ameri Gabriele<sup>3</sup>, Letort Jean<sup>4</sup>, Massa Marco<sup>2</sup> y Luzi Lucia<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Milano, Milan, Italy

<sup>3</sup>GEOTER International-FUGRO Group, Auriol 13390, France

<sup>4</sup>Institut des Sciences de la Terre, France  
raul@cicese.mx

Usamos acelerogramas de la región de Emilia-Romagna, Italia, generados por los sismos del 20 y 29 de mayo de 2012 (Mw 6.1 y 5.9, respectivamente) y de cuatro réplicas con magnitudes entre 4.9 y 5.5 para analizar el decaimiento de las amplitudes espectrales de la onda S con la distancia y para determinar funciones de fuente y estimar efectos de sitio. Analizamos 248 acelerogramas de seis sismos registrados en 44 estaciones en un rango de distancia hipocentral de  $10 < r < 100$  km. Encontramos funciones empíricas de atenuación que describen el decaimiento de la amplitud espectral de las ondas SV y SH con la distancia para 60 diferentes frecuencias entre 0.1 y 40 Hz. Estas funciones de atenuación permitieron hacer estimaciones del factor de calidad Q para cada una de estas frecuencias. Encontramos que el valor promedio de Q para las ondas SH puede aproximarse con la función  $QSH = 82 f^{*1.2}$  y con  $QSV = 79 f^{*1.24}$  para las ondas SV, en el rango de frecuencias  $0.10 < f < 11$  Hz. Para frecuencias más altas,  $12 < f < 40$  Hz, la dependencia de Q con la frecuencia es más débil y se puede aproximar con las funciones  $QSH = 301 f^{*0.36}$  y  $QSV = 384 f^{*0.28}$ . Estos resultados indican que la atenuación de la onda S es radialmente isotrópica a distancias locales dentro del área epicentral. Usamos estos parámetros de atenuación para corregir los espectros de aceleración y poder separar los efectos de fuente y sitio usando un esquema no-paramétrico de inversión espectral. Convertimos las funciones de fuente obtenidas en espectros de aceleración de la fuente del campo lejano e interpretamos las funciones resultantes en términos del modelo de Brune. Las caídas de esfuerzo así obtenidas varían aproximadamente entre 0.9 y 2.9 MPa. Aunque todas las estaciones usadas están localizadas en el valle del Po, las funciones de sitio obtenidas con la inversión espectral muestran variaciones importantes de amplificación entre los sitios, sugiriendo que el espesor de los sedimentos es variable y que la estructura del valle debe ser compleja.

Agradecimientos: Agradecemos el apoyo técnico proporcionado por Antonio Mendoza Camberos y Arturo Pérez Vertti.

SIS-2

## INVERSIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA LOCAL UTILIZANDO MÉTODOS HEURÍSTICOS

Reyes Olvera Maricarmen<sup>1</sup>, Ortiz Alemán Carlos<sup>2</sup> y Iglesias Mendoza Arturo<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Petróleo, IMP

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

maricarmen.reyes@outlook.com

La estimación de las variaciones del movimiento del suelo debido a las condiciones locales de un sitio son de gran interés ingenieril, con una aportación importante a los estudios de riesgo sísmico, donde el principal propósito es disminuir las pérdidas humanas y económicas que los movimientos del terreno pueden causar a las estructuras civiles.

Para estimar la respuesta de un sitio al movimiento generado por la propagación de ondas sísmicas, es necesario pensar en métodos que nos permitan separar los efectos de la fuente y del trayecto del efecto de sitio. Un método alternativo de inversión generalizada (Field et al., 1995), representa el espectro de amplitud de la onda de corte de un evento sísmico con un modelo parametrizado de los efectos de la fuente para cada evento y el trayecto, y el efecto de sitio para cada estación es un término dependiente de la frecuencia.

Estimar la respuesta sísmica local a partir de esta técnica implica resolver un problema multiparamétrico fuertemente no lineal. A partir de los registros de velocidad obtenidos por la Red MASE y el SSN, para seis eventos sísmicos, entre Agosto de 2005 a Abril de 2007, se estimó la respuesta sísmica local de 55 estaciones (41-MASE y 14-SSN) utilizando los métodos de optimización global denominados algoritmos genéticos y recristalización simulada, los cuales permiten explorar un amplio rango de soluciones potenciales para problemas no lineales, en comparación con otros métodos convencionales.

Con el esquema de inversión generalizada se estimaron los parámetros de fuente, trayecto y sitio correspondientes a los espectros de amplitud de la onda S de 208 registros sísmicos de velocidad (184-MASE y 24-SSN). Los parámetros resultantes de la inversión simultánea de los registros de las 55 estaciones, exhiben un ajuste significativo sin precedente entre los espectros observados y los calculados, lo que permite afirmar que representan valores bastante confiables.

SIS-3

## EFECTOS DE SITIO EN LAS ESTACIONES DE BANDA ANCHA DE LAS REDES RESBAN Y NARS-BAJA DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Ávila Barrientos Lenin y Castro Escamilla Raúl

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

ingenierolab@hotmail.com

El principal objetivo de este trabajo de investigación es evaluar la respuesta sísmica de las estaciones de banda ancha localizadas en el Golfo de California, empleando datos de las redes sísmicas RESBAN y NARS-Baja operadas por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE). Con este fin compilamos una base de datos que consta de 133 eventos en un rango de magnitud de 1.1 a 6.7, registrados en el periodo 2002-2006. Obtuvimos espectros de Fourier y cocientes espectrales entre las componentes horizontales y la vertical (H/V) de cada evento. La base de datos formada permite analizar la variación de la respuesta de sitio con respecto al azimut y a la magnitud de los eventos. Encontramos que existe una posible dependencia azimutal en 4 de las estaciones hasta ahora analizadas con una amplificación que puede variar por un factor de alrededor de 4. Además de emplear el método de cocientes espectrales (H/V) para la evaluación del efecto de sitio, también usamos el método SSR (Standard Spectral Ratio) para el mismo efecto, tomando como estaciones de referencia las ubicadas en Guaymas (GUYB) y Puerto Peñasco (PPXB), ambas localizadas en Sonora. El análisis, usando el método SSR, fue realizado para la estación de Bahía de los Ángeles (BAHB) localizada en Baja California. Se seleccionaron eventos registrados simultáneamente en BAHB y GUYB, y en BAHB y PPXB, y que contaran con una distancia hipocentral similar (con una diferencia menor de 10 km). Mediante este análisis se encontró que los valores máximos de amplificación observados se correlacionan con aquellos encontrados mediante el método de cocientes espectrales (H/V), es decir se encuentran en el mismo rango de frecuencia. Además, los cocientes espectrales calculados con el método SSR para ambas estaciones de referencia (GUYB y PPXB) muestran el valor máximo de amplificación en la misma frecuencia (0.63 Hz). También observamos que los valores de los factores de amplificación obtenidos con el método SSR son mayores que los encontrados mediante el método H/V, lo cual puede atribuirse a que las distancias de los eventos a las estaciones no son iguales y a que los eventos no se encuentran en el mismo rango de azimut. Otro factor que se debe tomar en cuenta es que las estaciones de referencia se encuentran ubicadas en lados opuestos del Golfo de California por lo que la geología en las trayectorias y el patrón de radiación de los eventos pueden influenciar los resultados encontrados por el método SSR.

SIS-4

## RED SÍSMICA DE BANDA ANCHA DE VERACRUZ Y SU INTEGRACIÓN AL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL

Córdoba Montiel Francisco<sup>1</sup>, Valdés González Carlos<sup>2</sup>, Iglesias Mendoza Arturo<sup>3</sup>, Estrada Castillo Jorge<sup>2</sup>, Pérez Santana Jesús<sup>2</sup>, Pacheco Alvarado Javier Francisco<sup>4</sup>, Singh Shri Krishna<sup>5</sup>, Cruz Cervantes José Luis<sup>2</sup>, Navarro Estrada Fernando<sup>2</sup>, Mendoza Carvajal Antonio de Jesús<sup>1</sup>, Sieron Katrin<sup>1</sup>, Murrieta Hernández José Luis<sup>1</sup>, Córdova Landa Arturo<sup>1</sup>, Guevara Ortiz Enrique<sup>6</sup> y Mora González Ignacio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Tierra, UV

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

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

<sup>4</sup>Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional Autónoma de Costa Rica

<sup>5</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>6</sup>Centro Nacional de Prevención de Desastres

fcordoba@uv.mx

Históricamente el estado de Veracruz ha sido afectado por sismos importantes como los de Xalapa en 1920 (Ms 6.4), Jáltipan en 1959 (M 6.8) y Orizaba en 1973 (Mw 7.3), entre otros que produjeron pérdidas humanas y materiales significativas. Sin embargo, el estudio de la sismicidad y la tectónica regional se ha visto limitado por la carencia de registros instrumentales debida a la deficiente cobertura de estaciones de monitoreo sísmico en esta región. En lo particular, la zona centro-sur de la entidad reviste una importancia significativa por su infraestructura industrial, portuaria y carretera y como es sabido, se encuentra expuesta tanto a sismicidad somera como profunda, además de presentar características y condiciones geológicas específicas. Por estas razones, en Veracruz se inició un esfuerzo por contar con una red sísmica que, además de mantener el monitoreo sísmico continuo, contribuyera con datos de alta calidad a la realización de diversos estudios que permitan un mejor conocimiento del fenómeno sísmico en esta zona del país y la estimación realista del peligro que representa, tomando en cuenta la presencia de dos volcanes activos del país: El Pico de Orizaba o Citlaltépetl y el San Martí-n Tuxtla.

La implementación de la red sísmica de Veracruz se realizó a través de tres proyectos cofinanciados por el Fondo de Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN) y el Gobierno del estado de Veracruz y que fueron ejecutados por la Universidad Veracruzana con el apoyo de la Secretaría de Protección

Civil. Además, la participación del Instituto de Geofísica de la UNAM a través del Servicio Sismológico Nacional (SSN) y de su Departamento de Sismología, ha sido importante en el diseño, instalación, puesta en marcha y operación de esta red que complementa la cobertura existente en la región del Golfo de México y que está conformada por seis estaciones de banda ancha que cumplen con los estándares establecidos por el SSN en la instalación e instrumentación sísmica utilizada, la cual incluye un par de registradores Quanterra Q330HR con sismómetros Streckeisen STS-2 y acelerómetros GURALP CMG-5T y cuatro registradores GURALP CMG-EAM que operan con sismómetros GURALP CMG-3T y acelerómetros CMG-5TC.

Aunado a lo anterior, a esta red se añaden tres estaciones, ubicadas un par de ellas en el volcán San Martín y la otra en el flanco oriental del Pico de Orizaba. En estas estaciones se emplearon sismómetros de banda ancha GURALP CMG-6TD. Aunque el objetivo de estas estaciones es la vigilancia de la actividad sísmica de dichos edificios volcánicos, sus datos contribuirán al estudio e interpretación de la tectónica de la región.

Las señales sísmicas de la red de Veracruz son transmitidas vía satélite en tiempo real a las instalaciones del SSN y reenviadas a través de internet a los puestos de registro del Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana en Xalapa, Veracruz y del Centro Nacional de Prevención de Desastres. Se presentan algunos de los sismogramas registrados y resultados preliminares.

SIS-5

### PRIMERA ESTACIÓN SÍSMICA EN URUGUAY

Sánchez Bettucci Leda<sup>1</sup>, Castro Artola Oscar<sup>2</sup>, Assumpcao Marcelo<sup>3</sup> y Galhardo Luis<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Geológicas, FC

<sup>2</sup>Observatorio Geofísico de Aigua - UNAM

<sup>3</sup>Instituto de Astronomía, Geofísica e Ciências Atmosféricas, USP, Brasil

<sup>4</sup>3Instituto de Astronomía, Geofísica e Ciências Atmosféricas, USP, Brasil  
ledasbettucci@gmail.com

La falta de una Estación Sismológica permanente imposibilita determinar apropiadamente el riesgo sísmico en las distintas regiones y sus diferentes orígenes. El conocimiento de la actividad sísmica a nivel local y regional tiene un beneficio social de prevención y económico relacionado a las medidas que se deben tomar para la mitigación de daños generados por los movimientos sísmicos, así como para estudios del espectro sísmico, efectos de sitio, estudio de la fuente, caracterización de la corteza y estructuras profundas, entre otros. Estas fueron las motivaciones para la instalación del Observatorio Geofísico de Aigua (OGA), que cuenta con equipamiento magnético y sismológico, primero de este tipo en el país. Éste se ubica en el Departamento de Maldonado, a 220km de Montevideo. Desde el punto de vista geológico está emplazado sobre granitoides de edad ca. 670 Ma del Cinturón Dom Feliciano. Se han evaluado registros de la Estación sismológica (OGA.UY) que permitieron graficar las curvas de ruido, sugiriendo que el ruido en periodos cortos es aceptable, no así para frecuencias bajas donde se nota un incremento en la potencia de las curvas. Los datos locales registrados en la estación se correlacionan con voladuras realizadas en canteras localizadas entre 24 a 160km. Se han encontrado registros sísmicos sin poder correlacionarlos con alguna cantera, lo que sugiere la posibilidad de microsismicidad o de alguna sismicidad inducida por las voladuras. Los datos regionales encontrados pertenecen a la actividad sísmica del margen de interplaca de la región andina. Registros de eventos ocurridos a distancias mayores de aproximadamente 850 km y grandes magnitudes están clasificados como telesismos.

SIS-6

### INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE LA RED ACELEROMÉTRICA DE MEXICALI

Granados Hernández Orlando<sup>1</sup>, Mendoza Garcilazo Luis<sup>2</sup>, Acosta Chang José<sup>2</sup>, Reyes Serrano Rogelio<sup>2</sup>, Ruiz Cruz Euclides<sup>2</sup> y Gámez Balmaceda Ena del Carmen<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>CICESE

granados@cicese.mx

En febrero 2008 ocurrió una secuencia sísmica en el Valle de Mexicali que fue sentida por toda la población de la ciudad y valle de Mexicali. En respuesta, el sector privado, gobierno municipal y estatal acordaron instrumentar con acelerómetros la zona urbana. El CICESE recomendó adquirir la marca GeoSIG para aumentar la cobertura existente en el sur de California y norte de Baja California y uniformizar bases de datos de ambos países y documentar el conocimiento sobre la respuesta sísmica de sus suelos y estructuras. El equipo GeoSIG tiene las capacidades de conectividad, monitoreo y soluciones de medición para terremotos en tiempo real. Se instaló el programa GeoDAS para recibir los registros sísmicos de todas las estaciones instaladas en la ciudad de Mexicali vía internet. Se instrumentaron 10 sitios en la zona urbana y 6 más en sus alrededores. Adicionalmente, se instaló el sistema Earthworm versión 7.4 y con la ayuda de los módulos nq2pgm y nq2gif fue posible

estimar los movimientos de suelo en aceleración, velocidad y desplazamiento. Los valores obtenidos son almacenados en una base de datos y mostrados junto con las imágenes de las series de tiempo en un servidor web. El sistema de proceso automático es iniciado usando un software de la USGS llamado Earthquake Information Distribution System (EIDS) el cual distribuye información de todo evento sísmico alrededor del mundo. Los datos de la Red Acelerométrica de Mexicali también son usados por la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM) operada por CICESE, para hacer localización y generar mapas de intensidades con el uso del programa 'Shakemap'. Se mostrará el funcionamiento y el acceso a la información, a través de la página de internet en CICESE <http://redmexicali.cicese.mx>, donde se cuenta con un historial de eventos desde septiembre de 2010, para que tanto autoridades como la población en general puedan hacer uso de la información.

SIS-7

### COMPORTAMIENTO SÍSMICO NO LINEAL DE SISMOS REGISTRADOS EN LA ESTACIÓN UNM

Gordoa Flores Jacobo<sup>1</sup> y Cuenca Sánchez Julio César<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México  
tio\_ingeof@yahoo.com.mx

Se analizan sismos de regular magnitud registrados en la estación sismológica UNM de la Red Sismológica Francesa GEOSCOPE. Este sitio está dentro de un pozo con acceso de escaleras hasta una profundidad de 25 metros, en el campus de CU de la UNAM. Este equipo consta de un sensor de banda ancha en velocidad (STS1) y graba en 1 y 20 muestras/segundo. El acceso a esta información es a través de Internet usando de WILBER II en la página Web del IRIS. El formato utilizado es binario SAC individual por cada componente (BHZ, BHN, BHE para 20 muestras/segundo). Se eligieron los eventos con magnitud igual o mayor a 5.5, considerando un segundo evento que tuviera la misma trayectoria en azimut aunque difieran en profundidad o en magnitud. Se analizó el contenido espectral de estos eventos calculando las FFT de ventanas de ruido y otras de la señal sísmica. Los resultados muestran que los picos predominantes difieren para los dos casos. Por otro lado las amplitudes del espectro FFT de la componente vertical se mantiene por debajo de las otras dos componentes horizontales. Asimismo determinamos los cocientes espectrales H/V para hallar el efecto de sitio, para similares ventanas empleadas en el cálculo de FFT. Se observa una frecuencia predominante usando el sismo en 0.2 Hz y para el ruido 0.17-0.18 Hz. Debido a que las frecuencias predominantes para el ruido (calculadas con la FFT) son menores respecto a las frecuencias que trae el sismo. Podemos considerar este fenómeno como un comportamiento no lineal en el dominio de la frecuencia.

SIS-8

### EVIDENCIA SISMOLÓGICA DE UN SISTEMA DE FRACTURAS SECUNDARIAS EN LA CUENCA LAGUNA SALADA/VALLE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA NORTE, MÉXICO

Frez Cárdenas José<sup>1</sup>, Acosta Chang José<sup>2</sup> y Nava Pichardo Fidencio Alejandro<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>CICESE

jo\_frez@cicese.mx

Los dos sistemas de fallas más activas del norte de Baja California (Cerro Prieto/Imperial/Brawley y San Miguel) tienen rumbo NW-SE, el que se replica en los alineamientos epicentrales de la micro y macrosismicidad. Los mapas de microsismicidad regional presentan, además, alineaciones perpendiculares (NE-SW) más débiles. El efecto Doppler sísmico permite elegir el plano de falla de las soluciones de un mecanismo focal; la aplicación de esta técnica con datos de redes locales identifica dos direcciones de fracturas ortogonales en la región; una de ellas coincide con la NW-SE. El sistema tectónico transtensivo resultante, con eje de compresión -NS, genera las dos direcciones de ruptura señaladas; obviamente, las fracturas son más fácilmente inducidas a lo largo de las zonas de debilidad propias de las fallas preexistentes.

Los mapas de microsismicidad muestran alineaciones de epicentros con dirección N-S en la Cuenca Laguna Salada y en las sierras colindantes con el Valle Mexicali; los escarpes de estas sierras muestran también esta conducta. Las réplicas del sismo MW 7.3 de abril del 2010 siguen en general el patrón transtensivo; sin embargo, un grupo de sus epicentros tiene una distribución coincidente, en posición y dirección (NS), con la de actividad premonitora registrada unas horas antes del sismo principal; la alineación va desde la zona del sismo principal hacia el volcán Cerro Prieto. Muchos de los mecanismos focales de estas réplicas son de rumbo siniestro con un plano nodal -NS. Un patrón semejante tiene cierta actividad previa al sismo del 2010; notablemente, la secuencia de febrero de 2002 cuyo evento mayor alcanzó MW 5.7. Proponemos que la tectónica asociada a la Cuenca Laguna Salada y su límite E con el Valle Mexicali produce este segundo tipo de fracturas secundarias.

El sismo principal de abril de 2010 ocurrió en la intersección de las tres alineaciones descritas en esta presentación.

SIS-9

### APLICACIÓN DE LA EEMD EN LA DELIMITACIÓN DE LA PLACA DE COCOS SUBDUCIDA EN EL CENTRO-SUR DE MÉXICO

Montealegre Cázares Conrado<sup>1</sup> y Pérez-Campos Xyoli<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México  
cmontealegre@gmail.com

Con la finalidad de mejorar la visualización de la placa de Cocos subducida bajo la placa de Norte América, se presenta el uso de la Descomposición Empírica en Modos por Conjuntos (Ensemble Empirical Mode Decomposition, EEMD) en datos de funciones de receptor (FR) de los experimentos MASE y VEOX en el centro-sur de México. Las pruebas realizadas, tanto en datos sintéticos como en datos reales de las estaciones sismológicas, demuestran cómo el uso de esta técnica de análisis de datos no lineales y no estacionarios permite resaltar la presencia de los eventos de interés, lo cual facilita la labor de interpretación en una zona tan compleja. Además, mediante la retroproyección de las FR filtradas con la EEMD, se obtuvo una imagen más clara que permite un mejor entendimiento del proceso de subducción de la placa. La facilidad de uso de la EEMD y los buenos resultados que se obtienen, hacen que se pueda considerar el uso de esta técnica de manera sistemática en el análisis de datos de FR por encima de las otras metodologías tradicionalmente usadas.

SIS-10

### IMAGING A MAGMA CHAMBER BENEATH THE LASTARRIA VOLCANO USING SEISMIC NOISE

Spica Zack<sup>1</sup>, Legrand Denis<sup>1</sup>, Iglesias Mendoza Arturo<sup>1</sup>, Dham Thorsten<sup>2</sup>, Walter Thomas<sup>2</sup>, Heinmann Sebastian<sup>2</sup>, Froger Jean-luc<sup>3</sup> y Rémy Dominique<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UNAM

<sup>2</sup>GFZ

<sup>3</sup>OPGC

<sup>4</sup>LMTG

zackspica@gmail.com

The Lastarria – Cordon del Azufre volcanic zone in the central Andes (Chile-Argentina) is one of the largest uplift area in the world. At the present day, a major uplift is observed by InSAR measurement with a maximum rate of 3.2 cm/yr and an extent of more than 2000 km<sup>2</sup>. Additionally, another uplift of smaller amplitude (0.2 cm/yr) has been observed on Lastarria volcano. In order to highlight possible mechanisms acting on these inflations, 18 broadband seismic stations have been installed within the area during two months in 2008.

We applied the ambient seismic noise cross-correlation technique to perform 3D tomographic Vs maps of the zone. With a satisfactory resolution, the results bring out the presence of a low velocity zone at depths between 3 and 5 km just beneath the Lastarria volcano. We interpreted it as a magma plexus producing the InSAR signal observed on Lastarria. In contrast, no low velocity anomaly has been detected between 0 and 7 km below the main InSAR anomaly. This means that if a magma reservoir or sill layer is responsible of the large inflation, it lays deeper than 7 km. Our results are in agreement with previous InSAR studies and help to constrain to depths of the sources of these anomalies.

SIS-11

### VALORACIÓN SISMOTECTÓNICA DE LA REGIÓN ORIENTAL DE CUBA INTEGRADO AL MODELO DE CORTEZA EN 3D

Arango Arias Enrique Diego<sup>1</sup>, Pérez Flores Marco Anonio<sup>2</sup>, Ávila Barrientos Lenin<sup>2</sup> y Batista Rodríguez José Alberto<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Ciencias de la Tierra, CICESE

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Coahuila. Escuela Superior de Ingeniería "Lic Adolfo López Mateos"  
earangoa@cicese.edu.mx

Se realiza un nuevo análisis de las características sismotectónicas de la región oriental de Cuba enfocado en el conocimiento actual de las particularidades geodinámicas de la zona límite de las placas de Norteamérica y la microplaca de Gonave integrado al modelo de corteza en 3D obtenido por medio de la inversión de datos gravimétricos. Se expone un resumen de los estudios sismotectónicos anteriores y los mapas de fallas activas o de zonas sismogeneradoras que se han obtenido considerando que todos han partido de un enfoque denominado 'verticalista' o 'fijista' donde se han considerado solamente los movimientos verticales como la causa de la sismicidad que aquí ocurre y desconociendo los elementos básicos relacionados a la teoría de la tectónica de placas y su

relación con la sismicidad. Se esbozan las características sismotectónicas de las zonas límites de placas que bordean a Cuba, como zonas de fallas de primer orden así como para la zona de interior de placas, con un análisis de los aspectos relacionados con la evolución neotectónica del territorio estudiado y la sismicidad integrada al modelo de corteza en 3D. Como resultado novedoso de esta investigación se considera que la sismicidad registrada en el territorio emergido está relacionada a pequeñas fallas causadas por los esfuerzos que se generan producto del movimiento absoluto antihorario de la placa de Norteamérica y su interacción con la microplaca de Gonave y no generada por las fallas 'clásicas' consideradas en trabajos anteriores. Se presenta un mapa con los segmentos de fallas activas que pueden estar relacionados en gran medida con la sismicidad que se registra dentro del territorio emergido.

SIS-12

### ESTRUCTURA SÍSMICA CORTICAL MEXICANA USANDO CONVERSIÓN PS-V

Galaviz Alonso Sergio Alberto<sup>1</sup>, Salazar Peña Leobardo<sup>2</sup> y Lozada García Antonio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ESIA unidad Ticmán Ciencias de la Tierra, IPN ESIA/T

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, ESIA Unidad Ticmán

galaviz\_alberto@hotmail.com

Los límites entre la corteza y el manto están delimitados mediante las propiedades de ambos medios. Las densidades y constantes elásticas de los medios determinan la velocidad de las ondas de propagación sísmica así como su índice de reflexión y refracción, de acuerdo con el ángulo de incidencia en el medio.

Una estimación indirecta de la profundidad de la corteza terrestre se realiza mediante el análisis de los sismos provenientes de las costas del Pacífico, con la energía suficiente para atravesar la corteza-manto y registrarse en la superficie. La onda P emitida desde el terremoto viaja por el manto y se convierte a SV en los límites de la corteza y el manto. Los tiempos de arribo de estas fases pueden ser identificados para obtener las profundidades del manto.

La metodología consiste en obtener los sismogramas de los sismos recientes de magnitud mayor a cinco. Identificando los tiempos de arribo, se utiliza una analogía de diferencias de tiempos de onda S y onda P como la que se utiliza en localización de terremotos para deducir el espesor de la corteza. En el proceso de identificación y determinación de la profundidad del Moho, se emplea el modelado sísmico computacional para el caso P-SV en diferencias finitas.

La determinación de la profundidad del límite corteza-manto en distintos lugares del continente mexicano, proporciona una imagen tridimensional, que con el registro de nuevos eventos sísmicos, se podrá detallar para distintos objetos de estudio.

SIS-13

### AMBIENT SEISMIC NOISE STUDIES OF THE COLIMA VOLCANO COMPLEX

Escudero Ayala Christian Rene<sup>1</sup>, Núñez Cornú

Francisco Javier<sup>2</sup> y Pinzon López Juan Ignacio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Sismología y Volcanología de Occidente-SisVOC, UdG

<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara

escudero.sisvoc@gmail.com

The Colima Volcanic Complex (CVC) located in the western sector of the Trans Mexican Volcanic Belt is the most active Mexican volcano. The CVC is part of the active Colima Rift, a regional north south striking extensional structure. We use ambient seismic noise recorded by the Mapping the Riviera Subduction Zone (MARS) and the Colima Volcano Deep Seismic Experiment (CODEX) deployed in western Mexico. We compute the cross-correlations of vertical component continuous records ambient noise data to extracted empirical Greens functions. These functions provide signals compared to direct Rayleigh waves. Then we perform two analyses: dispersion curves and seismic tomography. Using the estimated Green function, the group and phase speeds as a function of period can be measured to obtain detailed images of Rayleigh wave group dispersion curves and therefore velocity structure between station pairs. We also pick the arrival times of Rayleigh waves for a given period to estimated lateral variations in velocity for a given period using 2D tomography. To sampling different depths we perform the inversions for different periods that together provide information on velocity variations with depth. The study aim to better understand the geometry, and the seismic surface wave velocity structure of the CVC and relate it with the volcano structure, the geology setting of the region.

SIS-14

### COMPARACIÓN DE LAS FUNCIONES DE GREEN ESTIMADAS MEDIANTE LA CORRELACIÓN CRUZADA DE RUIDO AMBIENTAL DE REGISTROS DE VELOCIDAD Y ACELERACIÓN

Rábade García Santiago Emilio<sup>1</sup>, Contreras Ruiz Esparza Moises<sup>2</sup> y Ramírez Guzmán Leonardo<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería  
rabader@hotmail.com

La Red Acelerométrica de México cuenta con más de 100 estaciones distribuidas a lo largo del país, en la mayoría de estas, no se cuenta con un perfil de velocidad. Uno de los métodos que se utiliza comúnmente para conocer dicha estructura de velocidades es el de tomografía con ruido ambiental (ambient noise tomography, ANT), el cual se basa en la estimación de la función de Green entre dos estaciones sísmicas a través de la correlación cruzada de largas series de tiempo de campos de onda difusos de ruido ambiental grabado en dichas estaciones (Bensen et al. 2007). Generalmente la función de Green se recupera empleando registros de velocidad. En este trabajo estimamos la función de Green con registros de velocidad y aceleración para compararlas y evaluar si es posible utilizar indistintamente registros de velocidad o aceleración en bandas de frecuencia de interés (bajas).

En este trabajo utilizamos registros de 30 días de ruido ambiental continuo, separados en ventanas de una hora, grabados en dos estaciones las cuales tienen sensores de aceleración y velocidad, situadas a menos de 20 km de distancia, esto con el fin de disminuir los efectos complejos de trayecto y poder estimar una función de Green lo más simple posible.

El pre-procesado de los datos incluye una corrección por línea base, la remoción de la respuesta del instrumento y la tendencia. Posteriormente, se normalizan las historias en el dominio del tiempo para reducir los efectos de los sísmos, así como también reducir las irregularidades instrumentales y las fuentes no estacionarias. Después, se efectúan la correlación cruzada de las señales y el apilado de cada día de grabación para mejorar el cociente señal-ruido y se realizará la comparación de resultados. Observamos que con las correlaciones cruzadas de aceleración y velocidad de ruido ambiental arrojan funciones de Green similares.

SIS-15

### ANÁLISIS DE UN ENJAMBRE SÍSMICO EN LA CERCANÍA DEL VOLCÁN PICO DE TANCÍTARO EN MICHOACÁN EN 2006

Pinzon López Juan Ignacio<sup>1</sup>, Núñez Cornú Francisco Javier<sup>2</sup>, Escudero Ayala Christian Rene<sup>2</sup> y Rowe Charlotte<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ciencias Exactas, SISVOC

<sup>2</sup>SisVoc

<sup>3</sup>Los Alamos National Laboratory  
johndavid\_927\_9@hotmail.com

En el año del 2006 un importante enjambre sísmico ocurrió entre finales de mayo hasta principios de julio, cercas de los volcanes Pico Tancitaro y Parícutín en Michoacán, dentro del campo volcánico Michoacán-Guanajuato (MGVF) en México. Este enjambre sísmico fue registrado por el proyecto "Mapping the Riviera Subduction Zone" (MARS), que es una red sísmica temporal que fue instalada en los estados de Jalisco, Colima y Michoacán entre Enero del 2006 y Junio del 2007. Un previo estudio sobre este enjambre fue publicado en 2010, encontrado 700 eventos que fueron detectados automáticamente por Antelope en un periodo de 41 días, con magnitud entre ML 2.4 hasta 3.7. La actividad fue reportada como una intrusión magmática. Esta área es un campo monogenético volcánico donde en 1943 el volcán Parícutín nació, así que es necesario confirmar las posibles fuentes de esta actividad sísmica y analizar los procesos en mayor detalle.

En este esfuerzo localizaremos todos los eventos que ocurrieron durante este enjambre sísmico utilizando Hypo-71 y un modelo de velocidad de ondas P locales. Utilizando correlación cruzada de sismogramas con una variedad de terremotos que nos servirán como plantillas, escanearemos la base de datos para repetidos eventos, que a menudo se observan en entornos volcánicos y geotérmicos. Hasta ahora se han identificado 500 eventos y han sido separados en al menos 8 distintas familias.

SIS-16

### ANÁLISIS Y RELOCALIZACIÓN DE LA SECUENCIA SÍSMICA GENERADA DURANTE EL PERIODO AGOSTO-DICIEMBRE DE 2012 EN EL SURESTE DE LA CURVATURA DE MONTERREY, NUEVO LEÓN, MÉXICO

Gómez Arredondo Carmen Maricela<sup>1</sup>, Montalvo Arrieta Juan Carlos<sup>2</sup> y Iglesias Mendoza Arturo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra UANL

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

carmengomez89@hotmail.com

La sismicidad hacia el interior de los continentes es poco común comparada con la que existe en zonas de límite de placas. Hasta hace poco, el Noreste de México había sido considerado como una región tectónicamente estable debido a la falta de registros de movimientos fuertes del suelo. Una desventaja sísmológica de ésta porción del País ha sido la ausencia de redes permanentes que permitan monitorear la actividad sísmica local y regional. Sin embargo, existe la evidencia de ocurrencia de temblores desde hace más de 160 años, la cual ha sido confirmada con la instalación de las estaciones sísmológicas LNIG en el 2006 y MNIG en el 2012 (observatorios pertenecientes al SSN). En tales estaciones se registró durante los meses Junio - Agosto 2012 una secuencia sísmica de más 50 eventos con un rango de magnitudes de (2.9 < M < 3.6) localizados por el SSN. Durante los meses Septiembre-Diciembre de 2012, se instalaron dos estaciones temporales cerca del área epicentral, que se encuentra ubicada al este-sureste de la ciudad de Linares, N. L. El propósito de este trabajo es realizar la relocalización y la determinación de mecanismos focales de los principales eventos de la secuencia sísmica que ocurrió en los meses de Julio - Diciembre de 2012 mediante el uso del programa SEISAN, así como hacer una interpretación sismotectónica de la actividad en la región.

SIS-17

### ANÁLISIS DE LOS MICROTREMORES Y SU APLICACIÓN EN LA GEOTECNIA

Ibarra Torúa Gema Karina<sup>1</sup> y López Pineda Leobardo<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Universidad Estatal de Sonora

gkibarra@dicym.uson.mx

Los terremotos que se han quedado grabados en la historia, son sin duda los que generan un gran número de muertos y estructuras civiles dañadas, esto debido a que el efecto de sitio es primordial en suelos blandos e interperizados, a diferencia de los cercanos al basamento. El mayor conocimiento que se pueda obtener en estos eventos, es en la observación directa del movimiento de la tierra, sin embargo para estudios de efecto de sitio, existe una limitación muy grande en zonas sísmicas con baja incidencia, por lo que se debe recurrir a estudios de respuesta de sitio con apoyo de microtemores.

La técnica de cocientes espectrales ampliamente difundida por Nakamura (1989) ha tenido muchas aplicaciones exitosas alrededor del mundo, ya que se basa en mediciones de ruido sísmico ambiental, lo que la hace económica y muy sencilla de desarrollar. Sin embargo, en la mayoría de sus aplicaciones, las gráficas de cocientes espectrales obtenidas, presentan diversas anomalías, en las cuales, hasta el momento, no tienen interpretación alguna, por lo que en este trabajo se realiza un estudio detallado de dichas ampliaciones, para darles nuevas interpretaciones de interés en la ingeniería.

Nakamura postula que las ondas que causan las vibraciones ambientales registradas en la superficie del suelo son de dos tipos: ondas superficiales (específicamente, ondas Rayleigh) y ondas de cuerpo (P y S). Partiendo de ello, y de que el autor de dicha técnica sólo tiene un sustento empírico, se genera un modelo analítico de microtemores basado en la teoría de ondas y vibraciones conceptualizando al ruido sísmico como un conjunto de movimientos armónicos simples (MAS).

SIS-18

### MECANISMOS FOCALES Y PARÁMETROS DE LA FUENTE SÍSMICA EN EL BLOQUE JALISCO

Gutiérrez Peña Quiriat Jearim<sup>1</sup>, Escudero Ayala Christian Rene<sup>2</sup> y Núñez Cornú Francisco Javier<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SISVOC, UDG

<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara

dontolas@hotmail.com

El bloque Jalisco es una región tectónica muy complicada delimitada por la trinchera mesoamericana al oeste, el graben de colima al sur y el graben de Tepic zacoalco al noroeste. En esta región han tomado lugar grandes terremotos interplaca e intraplaca. El principal propósito de este estudio es estimar los

mecanismos focales y los parámetros de fuente con el objetivo de que nos ayuden para comprender la física del mecanismo de ruptura de un terremoto en la región. Nosotros usamos datos de una red temporal, la red MARS (Mapping the Riviera Subduction Zone), esta red contaba con 50 estaciones sísmicas las cuales se instalaron en los estados de Jalisco, Colima y Michoacán entre enero de 2006 hasta junio de 2007; nosotros relocalizamos más de 1000 eventos usando el software HYPO71 y un modelo local de velocidades de la onda P, el rango de magnitud de estos estaba entre 2 a 5 Ml. Para calcular los mecanismos focales leímos las polaridades de la onda P y usamos el software MECFOR el cual determina mecanismos compuestos o individuales. Antes de calcular los parámetros de fuente primero removimos la respuesta del instrumento y corregimos por atenuación, manualmente elegimos la onda S, después usamos el método multitaper para obtener el espectro de esta onda y así estimar la frecuencia de esquina y el nivel del espectro. Sustituimos lo obtenido en las ecuaciones del modelo de Brune para calcular los parámetros de fuente (la caída de esfuerzo, el radio de la falla, el área de ruptura y el momento sísmico).

SIS-19

### ¿EL SISMO DE CABALGAMIENTO DEL 20 DE MARZO DE 2012 DISPARÓ EL SISMO EXTENSIVO DEL 02 DE ABRIL?

Iglesias Mendoza Arturo<sup>1</sup>, Franco Sánchez Sara Ivonne<sup>2</sup>, Castro Artola Oscar<sup>3</sup>, Santoyo García Galiano Miguel Ángel<sup>4</sup>, Legrand Denis<sup>5</sup>, Hjörleifsdóttir Vala<sup>6</sup>, Aguirre González Jorge<sup>7</sup>, Rodríguez González Miguel<sup>7</sup> y Cuenca Sánchez Julio César<sup>7</sup>

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

<sup>2</sup>Servicio Sismológico Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

<sup>4</sup>Universidad Complutense de Madrid

<sup>5</sup>Departamento de Vulcanología, Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>6</sup>Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>7</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM

arturo@geofisica.unam.mx

El 20 de marzo de 2012 ocurrió un sismo de magnitud Mw 7.5 en la costa del Pacífico en el límite entre los estados de Oaxaca y Guerrero. Los estudios previos de este sismo (UNAM Seismology Group, 2013) muestran que se trató de un sismo de cabalgamiento ocurrido en la interfase entre las placas Cocos y Norteamericana.

Con el propósito de registrar la secuencia de réplicas, brigadas de los Institutos de Ingeniería y Geofísica de la UNAM, desplegaron una red de estaciones portátiles que empezó a operar después de ~24 horas del sismo principal, lo que permitió el registro de una numerosa secuencia de réplicas.

Los datos de las estaciones portátiles permitieron localizar, con buena precisión, un sismo el 02 de abril con una magnitud importante a unos 20 km al Noroeste del epicentro del sismo principal.

A través de una versión modificada del método de Dreger se resolvió el tensor de momento sísmicos encontrando un momento escalar equivalente a un sismo de magnitud Mw 6.0 y, a diferencia del sismo principal, este tensor representa un mecanismo de fallamiento normal.

A través del método propuesto por Okada (1992) se analiza el cambio del estado de esfuerzos estático provocado por el sismo principal que pudo dar lugar a la ocurrencia de los sismos de fallamiento normal.

SIS-20

### DETECCIÓN DE SISAMOS ATÍPICOS A ESCALA REGIONAL

Solano Hernández Ericka Alinne, Hjörleifsdóttir Vala, Pérez-Campos Xyoli y Iglesias Mendoza Arturo  
Instituto de Geofísica, UNAM  
alierika@gmail.com

Los sismos atípicos son sismos que no han sido reportados por redes sísmológicas globales o regionales por su baja amplitud de onda P. Los estudios previos que identifican sismos atípicos con magnitudes M-5 a escala global, emplean ondas superficiales (Ekström, 2006). Los eventos no impulsivos se han relacionado con rompimiento de glaciares (Ekström, et al., 2003; Ekström, et al., 2006), eventos volcánicos (Shuler and Ekström 2009) y deslaves (Ekström y Stark, 2013) por ejemplo.

En este trabajo presentamos una metodología que tiene como objetivo la detección de sismos no impulsivos con magnitudes menores que 5 a escala regional. Para tal propósito, realizamos la correlación cruzada entre ventanas de sismogramas observados en las estaciones de banda ancha y las funciones de Green calculadas para una localización de prueba. Luego, apilamos las correlaciones obtenidas para cada componente y todas las estaciones. Lo anterior es para obtener una función, la cual nos dará la localización espacio-temporal de la fuente de acuerdo a los niveles de detección que hayamos fijado. La calibración de parámetros de detección fue realizada con la secuencia de réplicas del sismo de Ometepc del 20 de marzo de 2012. Una vez hechas las pruebas, aplicamos la metodología a los datos registrados el

12 de octubre de 2009, donde el GCMT (globalcm.org) reportó dos sismos no impulsivos ocurridos en la zona de fractura de Rivera en el océano Pacífico.

SIS-21

### INVERSIÓN CINEMÁTICA DEL SISMO DEL 16 DE JUNIO DE 2013, MW=5.9

Castro Artola Oscar y Iglesias Mendoza Arturo  
Instituto de Geofísica, UNAM  
oscar.cas.art@gmail.com

El 16 de junio de 2013 a las 05:19 hora GMT un sismo de magnitud de momento igual a 5.9 ocurrió en el estado de Guerrero. El sismo fue sentido fuertemente en la Ciudad de México debido a su cercanía (140 km aprox.) así como en la zona costera y centro del país. El mecanismo focal reportado por el GCMT (Global Centroid Moment Tensor, por sus siglas en inglés) deja ver una falla normal con una componente de rumbo NE-SW, esta solución es congruente con la obtenida por el Cálculo Automático del Tensor de Momentos Sísmico operado por el Servicio Sismológico Nacional (SSN). La magnitud de momento obtenida por el GCMT y el SSN es de 5.9. En el presente trabajo se utilizaron registros de aceleración y velocidad (del Instituto de Ingeniería y el SSN, respectivamente) para invertir el modelo cinemático de la ruptura. Se propuso un plano de falla de 30x30 kilómetros con el fin de permitir que la solución pudiera moverse dentro de esa área. Durante el proceso de inversión se fijó el valor del tiempo de ascenso debido a la poca resolución que tiene este parámetro con respecto a los datos. De igual forma, el valor máximo que puede tomar el deslizamiento de cada subfalla se acotó a 3 metros debido a la definición de momento sísmico escalar. Los registros fueron filtrados entre 2 y 10 segundos. Se utilizó un esquema de búsqueda global para la inversión implementado por Iglesias et al. 2001; para el cálculo del problema directo se usó el esquema propuesto por Cotton y Campillo (1995). Considerando subfallas de 5x5 kilómetros se obtuvo una solución que concentra la mayoría de la dislocación en una subfalla cercana al hipocentro.

SIS-22

### INTRASLAB EARTHQUAKE OF JUNE 2013 (MW5.9), ONE OF THE CLOSEST SUCH EVENTS TO MEXICO CITY

Singh Shri Krishna<sup>1</sup>, Pérez-Campos Xyoli<sup>2</sup>, Espíndola Castro Víctor Hugo<sup>3</sup>, Cruz Ateiza Víctor M.<sup>2</sup> y Iglesias Mendoza Arturo<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup>Servicio Sismológico Nacional, Universidad Nacional Autónoma de México  
krishnamex@yahoo.com

The intraslab earthquake of 16 June 2013 (Mw5.9, H=55 km) was felt extremely strongly in entire Mexico City (~135 km), causing great panic but no damage. It produced second largest Amax (19.5 gal) and third largest Vmax (2.2 cm/s) in the last 50 years at CU, a hill-zone site in the city. An analysis of past strong-motion recordings of intraslab events at CU shows that the peak ground motions during 2013, especially Vmax, was significantly larger than the estimated ones from ground-motion prediction equations of García et al. (2005). This is also confirmed from the Fourier spectra of other intraslab earthquakes of similar magnitude located at about the same hypocentral distance from CU. On the other hand, a spectral analysis of the near-source recordings of the 2013 earthquake, based on Brune model, yields seismic moment  $M_0 = 9.1 \times 10^{17}$  N-m, stress drop  $\sigma = 39$  MPa, and  $d = 4.2$  km, where  $d$  is the diameter of an equivalent circular fault. This stress drop is about the same as the median stress drop of 30 MPa reported for intraslab earthquakes in Mexico (García et al., 2004). So why were the ground motions at CU anomalously large? The reason is most likely a source directivity effect. P pulses on vertical displacement seismograms on local and regional stations reveal that the source consisted of 2 subevents. The total P-pulse duration varies depending on the azimuth; ~1.3 s towards Mexico City and ~2.9 s towards Acapulco. Assuming  $vR/\# = 0.5$  ( $vR$  = rupture speed;  $\#$  = shear-wave speed), a grid search for rupture direction on the fault plane with minimum dispersion in the estimated length,  $L$ , yields a directivity along  $\# = -40^\circ$  with respect to the fault strike ( $313^\circ$ ) and median  $L$  of 3.9 km. For  $vR/\# = 0.78$ ,  $\# = -30^\circ$  and median  $L = 7.2$  km. The ground motion characteristics during the 2013 earthquake at CU and the lake-bed zone of SCT follow those discussed in detail in an earlier study (Singh et al., 2013).

SIS-23

### FULL MOMENT TENSOR VARIATIONS AND ISOTROPIC CHARACTERISTICS OF EARTHQUAKES IN THE GULF OF CALIFORNIA TRANSFORM FAULT SYSTEM

Ortega Ruiz Roberto<sup>1</sup>, Quintanar Robles Luis<sup>2</sup> y Rivera Luis<sup>3</sup><sup>1</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE<sup>2</sup>Instituto de Geofísica UNAM<sup>3</sup>Institute du Physique du Globe, Strasbourg  
ortega@cicese.mx

We present a simple formulation that relates a full moment tensor that includes the isotropic component with the elastic constants  $\mu$ ,  $\nu$  and the angle  $\theta$  between the resultant vector of slip  $u$  and the fault-system normal vector  $n$ . As  $\theta/\mu$  is increasing, the space solution where  $\theta$  has real values is higher, however, pure explosion or implosion is not possible for typical  $\theta/\mu$  ratios. The source type parameters ( $T$ ,  $k$ ) and the  $\theta$  value are indicators of complexity of the source; earthquakes are more complex as  $T$  and  $k$  deviate from zero. On the other hand, while  $\theta$  is approaching to  $\pi/2$  the body-wave radiation pattern consist of four lobes and nodal planes are better defined. The distribution of the source type plot parameters and  $\theta$  as function of the scalar moment are useful to determine the complexity of earthquakes with different sizes. We analyzed earthquakes in the Gulf of California that exhibit a clear isotropic component, the  $\theta/\mu$  ratio was obtained from independent studies of  $V_p$  and  $V_s$ . The resultant vector of slip and the fault-system normal vector vary with different sizes, however the principal direction of the strike is following the first order approximation of the normal surface of  $n$ . We observe that the constant volume parameter  $T$  is independent of scalar moments, suggesting that big and small earthquakes are equally complex. Our observations are in agreement with recent studies of strike-slip earthquakes

SIS-24

### INVERSIÓN SIMULTANEA DEL MODO FUNDAMENTAL Y MODOS SUPERIORES DE CURVAS DE DISPERSIÓN DE ONDAS SUPERFICIALES RAYLEIGH

Cruz Hernández Favio<sup>1</sup> y Rodríguez González Miguel<sup>2</sup><sup>1</sup>Ingeniería sísmológica, UNAM<sup>2</sup>UNAM, Instituto de Ingeniería

fcrzh@ingen.unam, oivaf82@hotmail.com

Actualmente las estimaciones de velocidades de ondas de corte a partir de la inversión de curvas de dispersión consideran el modo fundamental de propagación de ondas superficiales Rayleigh, sin embargo, la incorporación de modos superiores puede aportar mayor resolución en la estimación de la estructura de velocidades 1D y reducir la unicidad del modelo.

Este trabajo, presenta un algoritmo de inversión simultánea no-lineal con norma L2, del modo fundamental y modos superiores de curvas de dispersión. El algoritmo es validado con datos sintéticos y es aplicado a datos reales. Los resultados son comparados con estimaciones de velocidades de onda S obtenidos por estudios down-hole y sonda suspendida.

SIS-25

### DETERMINACIÓN SECUENCIAL DE LA DISPERSIÓN GEOMÉTRICA EN MEDIOS DE CAPAS PLANAS CON GRADIENTE CONSTANTE

Madrid González Juan Antonio

Ciencias de la Tierra, Cicese

juaneu@cicese.mx

La amplitud sísmica en medios de capas planas con gradiente de velocidad constante se determina mediante tres cantidades que se expresan en términos de las variables del trazado de rayos o de propiedades del medio: la impedancia acústica, los coeficientes de refracción y reflexión y la dispersión geométrica del frente de onda. Las dos primeras se determinan fácilmente durante el trazado de rayos, pero la dispersión geométrica se tiene que calcular considerando la variación de los radios de curvatura (paralelo y perpendicular) del frente de onda. Esto equivale a resolver dos ecuaciones no lineales del tipo de Riccati, de un método que se conoce como trazado dinámico de rayos que utiliza el llamado 'sistema de coordenadas centradas en el rayo'.

En este trabajo se demuestra que la inclusión del centro de curvatura del frente de onda en el análisis de frentes de onda en expansión extiende el trazado dinámico de rayos y lleva a una ecuación que relaciona a las dos curvaturas del frente de onda con la curvatura local del rayo. Puesto que para gradientes constantes la curvatura del rayo es conocida y la curvatura perpendicular del frente de onda también lo es, se puede determinar el radio paralelo, y como consecuencia, la dispersión geométrica y la amplitud.

SIS-26

### SIMULACIÓN TRIDIMENSIONAL DE TERREMOTOS EN EL VALLE DE MÉXICO

Sanabria Gómez José David<sup>1</sup>, Cruz Atienza Víctor M.<sup>2</sup>, Tago Josué<sup>3</sup>, Chaljub Emmanuel<sup>3</sup>, Etienne Vincent<sup>4</sup> y Virieux Jean<sup>3</sup><sup>1</sup>Escuela de Física, UIS - Colombia<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM<sup>3</sup>IsTERRE, UJF-Francia<sup>4</sup>GeoAzur, UNSA-Francia

jsanabri@uis.edu.co

Se presentan resultados preliminares de simulaciones de sismos en el Valle de México, considerando la topografía y la estructura 3D de la cuenca sedimentaria sobre un lecho rocoso. El dominio de simulación es de 90 x 80 x 23 km<sup>3</sup>, y posee capas superficiales de ~20 m de espesor con velocidad mínima de propagación de 50 m/s y factores de calidad  $Q_s=40$ . Los contrastes de impedancia dentro del valle alcanzan un factor 4, lo que supone que la longitud de onda a 1 Hz pase de ~3,400 m en la corteza intermedia, a tan sólo 50 m en el suelo lacustre. Se ha utilizado una fuente puntual tipo doble par similar a la de sismos registrados localmente. La solución del sistema hiperbólico de ecuaciones viscoelásticas en su formulación velocidad-esfuerzo para la simulación de ondas se llevó a cabo empleando el método de elementos finitos discontinuos (i.e. Galerkin Discontinuo) en una malla no estructurada tetraédrica con adaptividad hp (i.e. refinado de la malla y adaptación local del orden de interpolación polinomial) [Etienne, et al. Geophys. J. Int., 183(2), 941 (2010) y Tago, et al. Journal of Geophysical Research, 117, B09312 (2012)]. Este método permite resolver el problema numérico satisfaciendo los criterios de precisión y estabilidad en función de las propiedades locales del medio de propagación. Con estas simulaciones se pretende estudiar la propagación de ondas superficiales en el Valle de México, en particular, el rol que juega en la duración del movimiento del suelo y en el transporte de energía en profundidad a través de la propagación de modos superiores para las ondas de Rayleigh y Love.

SIS-27

### SUSCEPTIBILIDAD SÍSMICA EN LA PORCIÓN SUR-CENTRO DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO

Lozada García Antonio<sup>1</sup>, Salazar Peña Leobardo<sup>2</sup> y Galaviz Alonso Sergio Alberto<sup>2</sup><sup>1</sup>ESIA Ticomán, IPN ESIA TIC.<sup>2</sup>ESIA TIC, IPN

antogeofi@hotmail.com

El riesgo geológico provocado por el movimiento sísmico es uno de los factores más importantes a estudiar para las autoridades de protección civil en México. Los sismos generados sobre todo por el límite convergente entre las placas de cocos y la placa norteamericana, aunado a un fuerte efecto de sitio en la Ciudad de México, hace necesario caracterizar la geometría y las características físicas de los suelos de origen lacustre que predominan en las zonas urbanas de la Cuenca del Valle de México.

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la geometría y las propiedades mecánicas en el subsuelo de la porción sureste de la Cuenca de México que influyen en el movimiento sísmico. Para lograr esto se consultaron resultados disponibles como períodos de vibración, profundidad de capa de movimiento sísmico, velocidades de ondas sísmicas y litología de pozos de agua cercanos a la zona de estudio. En la exploración del subsuelo se combinaron técnicas de refracción sísmica, reflexión vertical de onda P, así como generación y registro de onda de Rayleigh por una fuente de dinamita.

Durante el proceso de determinación de estructura se determinan los arribos de las ondas P en las técnicas de onda directa, refracción y reflexión vertical. Para definir otros parámetros de movimiento sísmico, se determinan los tiempos de las fases S en onda directa y reflexión vertical. En el registro y propagación de onda de Rayleigh se caracterizaron las componentes vertical y horizontal. La aplicación de una técnica determinada y su resultado, es alternada con resultados existentes. La disponibilidad de algún parámetro como período, profundidad de capa de movimiento y velocidad de onda S, es completada principalmente con la técnica de reflexión vertical en sus versiones de propagación de onda P y de onda S, según sea el caso.

Con los resultados es posible disponerse en detalle la profundidad de capa de movimiento, velocidad de onda P, velocidad de onda S, período de movimiento, estratificación, Relación de Poisson y la relación de movimiento horizontal/vertical. Estos parámetros permiten proponer un modelo computacional para el caso P-SV en diferencias finitas que simula la propagación de ondas sísmicas en la sección litológica anteriormente definida, considerando superficie libre irregular.

SIS-28

### LA ESTABILIDAD TEMPORAL DE LAS ESTIMACIONES DE VALOR B Y SUS IMPLICACIONES EN ESTUDIOS REGIONALES Y LOCALES

Zúñiga Davila-Madrid Francisco Ramón<sup>1</sup>, Figueroa Soto Angel<sup>2</sup> y Mendoza Ponce Avith del Refugio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra UNAM  
ramon@geociencias.unam.mx

El valor b de la relación Gutenberg-Richter está en el centro de la mayor parte de las estimaciones de riesgo, así como en otras investigaciones enfocadas en la sismicidad o el estado de esfuerzos. La estimación de dicho valor depende de varios factores entre los que podemos mencionar la homogeneidad de las magnitudes, la cuantificación correcta de la magnitud mínima de completitud, la precisión de las localizaciones (sobre todo en el caso de estudios locales), la tasa de sismicidad, la densidad de las estaciones de monitoreo, etc.. Sin embargo, un factor que no se ha considerado con el suficiente cuidado es la estabilidad temporal de las estimaciones de valor b. La forma cotidiana de llegar a una estimación del valor b es compilando la sismicidad de la zona de manera que se consideren todos los datos disponibles a la fecha. Es claro que al ir ocurriendo nuevos sismos, el valor b podría ser actualizado y compararse con estimaciones anteriores de manera que se tomara en cuenta su estabilidad temporal. La estabilidad puede también evaluarse haciendo estimaciones conforme se van incrementando los datos registrados cada año o unidad de interés, desde el inicio del registro. El problema con esta manera de trabajar es que los datos más antiguos, que muchas veces son los que adolecen de mala precisión o errores, se siguen incorporando en cada estimación afectando los resultados. En este trabajo presentamos casos tanto a nivel regional como local, donde este tipo de proceder ha afectado los resultados de las estimaciones. Mostramos resultados de un método alternativo que consiste en efectuar las estimaciones con respecto al incremento de datos pero en sentido inverso, es decir, iniciando con datos modernos y yendo hacia atrás en el tiempo hasta obtener un nivel estable. Se discuten y comparan resultados para los catálogos regionales de Italia, Nueva Zelanda y México, así como para casos de zonas sismogénicas en México.

SIS-29 CARTEL

### ANÁLISIS DE LOS REGISTROS SÍSMICOS DEL METEORITO DE LA PAZ DEL 2013

Ortega Ruiz Roberto<sup>1</sup> y Carciuramaru Dana<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Orbis Consultores en Geología y Geofísica  
ortega@cicese.mx

Las redes sísmicas con frecuencia registran eventos supersónicos que ocurren en la atmósfera. A partir de los registros sísmicos es posible analizar la velocidad y dirección de un bóido antes de su impacto utilizando las ecuaciones de tiempo de arribo. Las ondas de presión que se utilizan para el análisis son ondas acústicas que se generan en el cono Mach, específicamente las ondas N las cuales permiten identificar la característica cinemática del bóido. La onda N es un pulso no lineal generado por un objeto en movimiento a velocidad supersónica el cual es fácil de identificar en un registro sísmico por su forma particular en forma de N para los registros de presión y una N invertida para registros de desplazamiento. En este trabajo se presentan los resultados del análisis de los registros sísmicos del meteorito que se impactó en la ciudad de La Paz, BCS el 18 de Mayo del 2013. Utilizando cinco registros se determinó la velocidad del bóido y la dirección de propagación. Además se obtuvo el punto de intersección de la trayectoria con la horizontal, el cual no coincide con el punto de caída debido a que las ecuaciones no toman en cuenta la desaceleración final. Por la fecha de caída y la velocidad, se cree que el bóido pertenece al sistema Eta Aquarid, el cual se separó del Cometa Halley. El análisis de la trayectoria y del ángulo de inclinación muestra que la velocidad final depende fuertemente de la elipticidad de las curvas del tiempo de arribo y solamente para caídas de bajo ángulo se pueden obtener resultados confiables de velocidad. Además se muestra un análisis de las vibraciones ocurridas por el acoplamiento de ondas de presión con el terreno firme.

SIS-30 CARTEL

### MEDICIONES SÍSMICAS EN EL TÚNEL 5 DE LA SUPERVÍA PONIENTE

Sánchez Sánchez Joaquín<sup>1</sup> y Rodríguez González Miguel<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería.  
joaquin\_240890@hotmail.com

La supervía poniente de la ciudad de México incluye, en su recorrido, el túnel V en donde se realizó un estudio sismológico exploratorio para evaluar una extensión aplicada a túneles del ensayo Perfil Sísmico Vertical. Se trata de

predecir la estructura sismológica de la formación ubicada por delante del frente del túnel. El experimento consistió en utilizar como fuente generadora de ondas sísmicas una estimación del campo de ondas inyectado por la rozadora, utilizada en la excavación, a la formación geológica e interpretar los sismogramas obtenidos en un tendido de geófonos dispuestos dentro de la estructura subterránea.

Las mediciones realizadas fueron hechas mediante un arreglo donde para el primer ensayo se utilizaron geófonos de frecuencias naturales de 28 Hz y posteriormente para el segundo geófonos de 4.5 Hz. La geometría del arreglo fue lineal de 12 canales separados 4 metros entre si y en línea con el eje del túnel. El primer canal se tomo como canal piloto y este se fijo aproximadamente a cinco metros de la fuente sísmica. Para el primer ensayo se tomaron treinta registros de ruido con una duración de 16 segundos cada uno y para el segundo caso fueron 35 registros con la misma duración, en donde el intervalo de muestreo fue de un milisegundo.

El procesado de datos consistió en la lectura de los archivos, el cálculo de los espectros de amplitud y espectrogramas por cada canal, el cálculo de la autocorrelación del canal piloto y su espectro de potencia lo que culmino con el cálculo del filtro de predicción del error. Se realizaron las correlaciones cruzadas del primer canal con los demás para posteriormente realizar la deconvolución entre los canales correlacionados y el filtro de predicción del error ayudando así a resaltar las fases sísmicas de interés.

Los Resultados son: Espectros de amplitud, las frecuencias de los máximos espectrales identificados que se relacionan con las características de operación de la rozadora y las frecuencias predominantes, de la mano con esto está la autocorrelación de la señal piloto que muestra una periodicidad y máximos de amplitud cada once milisegundos posiblemente relacionada a la frecuencia de operación de la máquina de perforación. También se obtuvo resultados interesantes sobre la distribución de frecuencias con respecto al tiempo vistas con los espectrogramas, en ellos se pueden observar en algunos registros que existe un máximo espectral en 100 Hz que se mantiene constante durante toda la longitud del registro así como las bandas de frecuencia entre 50 y 100 Hz en las cuales hay máximos espectrales y donde puede estar contenida la información. Finalmente se obtuvo una serie de secciones de correlaciones estimadas donde al realizar la croscorrelación de la señal piloto con todas las demás resultado en un primer sismograma que después se deconvolucio con el filtro de predicción del error, resaltando así las fases sísmicas de interés.

SIS-31 CARTEL

### ESTIMACIÓN DE MÓDULOS ELÁSTICOS EN MUESTRA DE ROCA A PARTIR DE LA MEDICIÓN DE LAS VELOCIDADES DE ONDAS DE CUERPO EN LABORATORIO

Cid Villegas Gonzalo, Cerca Martínez Mariano, Zúñiga Davila-Madrid Francisco Ramón y Escalante González Jorge Antonio

Centro de Geociencias, UNAM Cgeo  
gozalo21xy@hotmail.com

Este trabajo presenta mediciones directas de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas ( $V_p$  y  $V_s$ ) de 3 núcleos de barrenos, a partir de estos datos se estiman las constantes elásticas de los materiales. Los núcleos están conformados por basaltos, basaltos vesiculares y una toba lítica de la secuencia estratigráfica somera del Valle de Querétaro.

Para poder obtener las velocidades  $V_p$  y  $V_s$  se implementó un sistema electrónico que consiste de una placa de metal conectada a una fuente (martillo). La medición de la onda propagada en el medio se realizó mediante un geófono de un solo canal de 12.5 Hz conectado a un osciloscopio (La descripción electrónica del arreglo del osciloscopio será tratada en el proyecto de Jorge Antonio Escalante González). El geófono fue adaptado para poder medir los tiempos de arribo, para lo cual se le retiró la punta, para tener mejor acoplamiento y se le colocó una placa circular de metal con un radio de 4 cm. Se construyeron dos arreglos para medir  $V_p$  y  $V_s$ . Se llevaron a cabo 60 lecturas por muestra (30 para estimar  $V_p$  y 30 para estimar  $V_s$ ) con lo cual se obtiene un total de 180 lecturas.

Los resultados muestran velocidades  $V_p$  del orden los 630 m/s para la toba, hasta 1585 m/s para el basalto; mientras que para las velocidades  $V_s$  los valores obtenidos son 343 m/s para la toba, hasta 720 m/s para el basalto. Se observó de igual manera que las discrepancias entre los tiempos de arribo fueron mayores en los basaltos (con variaciones de 200 a 250 microsegundos) que en la toba (con variaciones de 80 a 100 microsegundos) Es posible que las discrepancias se deban a que se requiere un mayor acoplamiento del logrado por el arreglo. Una vez obtenidos estos datos se estimaron valores del Módulo de Poisson del orden de 0.1002 (toba) hasta 0.380 (basalto vesicular), módulos de rigidez de 286 MPa (toba) hasta (1375 MPa), módulos de Young de 630 MPa (toba) hasta 3768 MPa (basalto), módulo de compresibilidad desde 262 MPa (toba) hasta 4824 MPa (basalto) y la constante de Lamé de 71 MPa (toba) hasta 3907 MPa (basalto).

El experimento nos permite obtener estimaciones de velocidades de la onda P y onda S, con ello se puede calcular los módulos elásticos de los materiales, de manera indirecta.



SIS-32 CARTEL

### ESTIMACIÓN DE LA SENSIBILIDAD DEL MÉTODO SPAC A VARIACIONES LATERALES DE LOS PERFILES DE VELOCIDAD DE ONDAS S

Almaraz Espejo Martha Mariana<sup>1</sup>, Prado Morales Luis Eduardo<sup>2</sup>, Rábada García Santiago Emilio<sup>2</sup>, Contreras Ruiz Esparza Moises<sup>2</sup>, Aguirre González Jorge<sup>2</sup>, Farraz Montes Isaac y Suárez Reynoso Gerardo<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería

<sup>3</sup>Instituto de Geofísica

m\_martha\_jh@hotmail.com

El estudio de las ampliaciones que sufren las ondas sísmicas al entrar a los valles aluviales (Efectos de sitio), son muy importantes para la predicción de movimientos fuertes para prevenir desastres sísmicos debidos a la resonancia de los edificios. Para estimar los efectos de sitio existe una gran variedad de métodos, entre ellos está el método de cocientes espectrales de las componentes Horizontal y Vertical (H/V) de ruido ambiental (Nakamura, 1989) con el cual se estima el periodo natural de vibración del subsuelo y el método de autocorrelación espacial SPAC (Aki, 1957, 1965) que permite invertir el perfil de velocidades de ondas S del subsuelo del lugar en estudio. El método de cocientes espectrales de ruido ambiental comúnmente se ha utilizado para la estimación del periodo natural de vibración del suelo. Avances recientes en el entendimiento de los campos difusos han permitido utilizar este método para invertir el perfil de velocidad de ondas S (Sánchez-Sesma et al., 2011) a partir del cociente espectral H/V. En este estudio comparamos los perfiles de velocidad de ondas S estimados con el método H/V, con los obtenidos con el método SPAC, para definir la contribución de las variaciones laterales en el perfil de velocidades estimado con el método SPAC.

Se realizaron arreglos de forma de triángulos equiláteros de 10, 25, 40, 60, 80, 100 y 200 metros por lado. Se registraron ventanas de 30 minutos de ruido ambiental para los triángulos de 10 a 100 metros y para el arreglo de 200 metros se grabó una ventana de 120 minutos. Los datos se colectaron utilizando sismómetros de banda ancha de tres componentes y una antena GPS para asegurar la sincronización en tiempo de cada uno de los registros.

Aplicamos el método SPAC a la base de datos registrada, en esta técnica se evalúa la correlación entre estaciones, para así estimar la curva de dispersión de velocidad, con la cual se obtiene el perfil de velocidad de onda S por medio de una inversión. Con estos mismos datos estimamos los cocientes espectrales H/V y utilizamos el método de Sánchez-Sesma et al., 2011 para estimar un modelo de velocidades de capas planas, esto lo realizamos para cada una de los vértices de los arreglos triangulares.

Con este estudio podremos establecer una relación del perfil de velocidades obtenido a través del método SPAC con los obtenidos por medio del método H/V, para así estimar la contribución de cada uno de los vértices en un arreglo triangular a la estructura de velocidad obtenida. Así estimaremos la sensibilidad del método SPAC a variaciones laterales dentro de los arreglos triangulares.

SIS-33 CARTEL

### DETERMINACIÓN DE UN MODELO DE VELOCIDADES EN LA PARTE CENTRAL DE MÉXICO A PARTIR DE LAS PROPIEDADES DISPERSIVAS DE UN MEDIO LATERALMENTE HETEROGÉNEO

Rocher Ana<sup>1</sup>, Cruz Atienza Víctor M.<sup>2</sup>, Hjörleifsdóttir Vala<sup>2</sup>, Iglesias Mendoza Arturo<sup>2</sup> y Sanabria Gómez José David<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Escuela de Física-UIS Colombia e Instituto de Geofísica- UNAM

annroch07@gmail.com

En este trabajo se pretende determinar un modelo de velocidades 2D para la parte central de México (i.e. transecto de 450 km perpendicular a la costa del Pacífico a partir de Acapulco). El modelo previamente propuesto por Iglesias et al. (2010) se perturbará iterativamente a partir de estimaciones del error en la velocidad de fase para sismos de subducción registrados a lo largo del arreglo lineal de estaciones MASE. El error en la velocidad de fase en función de la frecuencia será cuantificado utilizando el método de medición por multi-taper entre sismogramas sintéticos y observados; los sismogramas sintéticos serán calculados empleando un código paralelo en diferencias finitas (FD) 3D para la propagación de ondas visco-elásticas en medios arbitrariamente heterogéneos (Olsen et al., GRL, 2010). A partir del error de fase cuantificado para el modelo inicial, las curvas de dispersión observadas de velocidad de fase a lo largo del arreglo (Iglesias et al., 2010) serán perturbadas para realizar una inversión de la estructura 1D bajo cada par de estaciones. El conjunto de inversiones arrojará un nuevo modelo 2D (i.e. lateralmente heterogéneo) a partir del cual se repetirá iterativamente el procedimiento hasta alcanzar un modelo cuyos errores sean aceptables. El modelo final será evaluado en función de la frecuencia a partir de las medidas de error en amplitud obtenidas también con el método de multi-taper

y de discrepancias en las curvas de dispersión para la velocidad de grupo a lo largo del modelo.

SIS-34 CARTEL

### PERFIL SÍSMICO VERTICAL INVERSO APLICADO A LA GEOTECNIA

Flores García Walter Antonio<sup>1</sup> y Rodríguez González Miguel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México  
walterf1908@gmail.com

El ensayo Perfil Sísmico Vertical Inverso (VSPI) se emplea actualmente en la exploración petrolera como una alternativa oportuna y de bajo costo, en donde la broca de perforación actúa como fuente sísmica. En la presentación se consignan los avances alcanzados en la implementación del VSPI con objetivo somero.

El ensayo realizado consistió primero en obtener una estimación de la señal emitida, por la broca de perforación, a la formación geológica; estimación que se obtuvo mediante el acelerómetro piloto montado sobre la sarta de perforación. Enseguida, en la adquisición de datos del movimiento del terreno que aportó un tendido de 24 geófonos (28Hz y 4.5Hz) dispuestos en una línea radial al pozo perforado. El número de datos registrados en campo fueron 149, cada uno con duración de 60 segundos con intervalo de muestreo de 0.002 seg, realizados en aproximadamente once horas. Los registros se visualizaron para identificar y conservar aquellos registros que no tienen interrupciones en la grabación, debido al paro de la perforadora. El arreglo de geófonos en superficie se hizo con dos tipos de geófonos, el primero con sensores de 28Hz y el segundo con geófonos de 4.5 Hz. El procedimiento seguido con los registros incluye la correlación cruzada entre la señal piloto y cada una de las señales grabadas de manera simultánea en los 24 geófonos del tendido lineal así como la deconvolución piloto calculada mediante la autocorrelación de la señal piloto y la obtenida para cada canal. Los espectros de amplitud de la señal obtenida en el sensor piloto permitieron estimar las frecuencias predominantes de 79Hz, las cuales caracterizan a la señal emitida a la formación y se pueden relacionar con las características de operación de la perforadora utilizada. Las secciones obtenidas con las primeras y segundas correlaciones, clasificadas según la profundidad alcanzada por la broca, se pueden explicar en términos de la curva de tiempo de recorrido obtenida del modelo obtenido con MASW.

SIS-35 CARTEL

### CUANTIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE MODELOS EXISTENTES PARA PROPAGACIÓN DE ONDAS SÍSMICAS EN EL TERRITORIO MEXICANO

Flores Ibarra Ketzallina<sup>1</sup>, Hjörleifsdóttir Vala<sup>2</sup> y Cruz Atienza Víctor M.<sup>2</sup>

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

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

vegdezoario@gmail.com

Los sismogramas sintéticos se utilizan por ejemplo para analizar y caracterizar temblores. La similitud entre los sismogramas sintéticos y observados depende del método utilizado para el cálculo, además del modelo de velocidades. Si las diferencias entre los sismogramas resultan grandes podemos esperar resultados en errores en los parámetros de los temblores analizados.

El objetivo de este trabajo es cuantificar la similitud entre sismogramas calculados y observados para modelos de velocidad dados. Utilizamos dos modelos diferentes. El primero es el modelo de manto S362ANI (Kustowski et al 2008), conjeturado a partir de datos de anomalías de fase de ondas de superficie, formas de ondas de periodo largo y tiempos de viaje de ondas de cuerpo; y el modelo de corteza Crust 2.0 (Bassin et al. 1999). El segundo es el modelo de Gaité (2011), que fue calculado utilizando estaciones situadas en México y América Central, obteniendo velocidades de grupo y fase fundamentales de ondas Rayleigh. El algoritmo de propagación de ondas que utilizamos es SPECSEM3D\_GLOBE (Komatitsch & Tromp, 2002a, 2002b) que toma en cuenta los océanos, topografía, rotación de la Tierra y gravedad. Fueron utilizados los datos de sismos en México del año 2012, registrados en las estaciones del Servicio Sismológico Nacional (SSN). Para la comparación entre los sismogramas empleamos un algoritmo de ventaneo múltiple (Zhou 2004) para la estimación de desfase y anomalía de amplitud en función de frecuencia. Se compara los resultados para diferentes sismos y para los diferentes modelos.

SIS-36 CARTEL

### ESTUDIO DE TREMORES NO VOLCÁNICOS CON MIMI-ARREGLOS SÍSMICOS

Real Pérez Jorge Arturo<sup>1</sup>, Kostoglodov Vladimir<sup>2</sup>, Payero de Jesús Juan<sup>2</sup> y Husker Allen<sup>2</sup><sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM<sup>2</sup>Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica,  
Universidad Nacional Autónoma de México  
jorge8428@gmail.com

La observación sistemática de los tremores no volcánicos (NVT) en Guerrero, México, se inició en el 2005 después de la instalación de la red sísmica de banda ancha MASE. Desde el año 2008 la nueva red de mini-arreglos sísmicos G-GAP junto con algunas estaciones de banda ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN) proporcionaron datos para el estudio detallado de los NVT. La mayor parte de NVT que se registran en la zona central de Guerrero son del llamado tipo "tremor ambiental" que están relacionados con la ocurrencia de los deslizamientos asísmicos lentos (SSE), ya que se a observado un aumento periódico cada 3-4 meses en la actividad de los NVT y SSE de corta duración. Además de este proceso los episodios de NVT se repiten con más frecuencia durante los grandes SSE de larga duración (9-12 meses). Mientras que las localizaciones epicentrales de los NVT son relativamente buenas las profundidades calculadas no son confiables, aunque suponemos que están distribuidas cerca de la interfaz de la placa subducida. El objetivo de este trabajo es mostrar como migra la energía de NVT con respecto al tiempo para tener una mejor idea de la localización y el mecanismo que origina los NVT. Para lograr esto se realizó una normalización de la energía mediante la integración de los registros de eventos telesísmicos y también mediante coda. Los resultados de la normalización se aplica para localizar varios enjambres de NVT en Guerrero.

SIS-37 CARTEL

### ELEMENTOS BÁSICOS DEL DISEÑO DE UN LEVANTAMIENTO SÍSMICO DE REFLEXIÓN MARINO TRIDIMENSIONAL

Martínez Hernández José<sup>1</sup> y Lozada Zumaeta Mario Manuel<sup>2</sup><sup>1</sup>ESIA, IPN<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Petróleo  
jmartinezh0803@alumno.ipn.mx

La necesidad de contar con especialistas en la adquisición de datos sísmico de reflexión 3-D marinos y terrestres, que adecuadamente diseñen, desarrollen y supervisen las operaciones, dado el desarrollo y tendencia actual de la tecnología sísmica 3-D, hace que el conocimiento sistemático de los diversos factores que intervienen sea un campo de formación necesario por los requerimientos de la industria.

Se presenta de una manera sistemática los elementos básicos relacionados con el diseño del un levantamiento sísmico marino 3-D. Se identificarán los elementos geométricos y físicos que permiten establecer la estructura del levantamiento e ilustrarán desde un punto de vista operativo los conceptos de bin, superbin, templete, patch, fold entre otros y establecerá la relación de la planeación y diseño del levantamiento con los procesos relevantes del procesado y análisis de datos.

En este marco general, específicamente se presentan los parámetros óptimos estimados en un Prospecto Sísmicos marino 3-D localizado el GM en un importante yacimiento de interés económico petrolero.

SIS-38 CARTEL

### SISMICIDAD PROFUNDA EN MÉXICO

Espindola Castro Víctor Hugo<sup>1</sup>, Rodríguez Rasilla Iván<sup>2</sup> y Estrada Castillo Jorge<sup>1</sup>Instituto de Geofísica, UNAM<sup>2</sup>UNAM

victore@sismologico.unam.mx

La sismicidad profunda en la República Mexicana se refiere a toda aquella que ocurre dentro de la placa de Cocos subducida (asociada al slab). El objetivo del presente trabajo consiste en analizar esta sismicidad, así como mostrar el tipo de mecanismo focal característico de la región límite de la placa.

SIS-39 CARTEL

### ANÁLISIS DEL SISMO TSUNAMIGÉNICO OCURRIDO EL 12 DE DICIEMBRE DE 1979 EN LA ZONA DE SUBDUCCIÓN COLOMBO-ECUATORIANA: CASO PARTICULAR BAHÍA TUMACO (NARIÑO) Y GUAPI (CAUCA)

Salazar Monroy Edilson Fernando  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM  
salmon9114@hotmail.com

La costa pacífica Colombiana representa una de las fuentes socioeconómicas más importantes para el país, pues en esta se llevan a cabo actividades de gran interés, como: el comercio (puerto de Buenaventura), el sector industrial (asentamientos pesqueros y de maderas a lo largo de toda la región) y actividades socioculturales (cabildos indígenas). Ahora, este tipo de actividades resultan ser seriamente afectadas debido al alto nivel de sismicidad que se tiene en esta región y a fenómenos naturales que se pueden producir a causa de esta como los tsunamis, que pueden llegar a ser bastante perjudiciales sobre todo en las zonas de difícil acceso en departamentos del Cauca y Nariño. En este trabajo se pretende dar a conocer el análisis hecho a los sismos de origen tectónico ocurridos a lo largo de 20 años, en la región circundante a la zona de subducción Colombo-Ecuatoriana; prestando un gran interés en el sismo del 12 de diciembre de 1979 (Mw = 8.1), con el fin de mostrar un análisis general hecho a cada uno de los aspectos que modifico este sismotsumamigénico en el municipio de San Andrés de Tumaco (Nariño) y Guapi (Cauca), basándose en gran parte en los datos proporcionados por el modelo numérico de Aguas Someras (Shallow Water).

SIS-40 CARTEL

### ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD DE JULIO DE 2012 EN EL VALLE DE CHALCO, ESTADO DE MÉXICO

Granados Chavarría Iván<sup>1</sup>, Aguirre González Jorge<sup>2</sup>,  
Solano Bahena René<sup>2</sup> y Valderrama Membrillo Sergio<sup>2</sup><sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, UNAM.

yota\_k9999@hotmail.com

El pasado 8 de Julio de 2012, se generó un sismo de magnitud Mc=3.4, según el Servicio Sismológico Nacional, en la zona de Valle de Chalco, Estado de México, el cual fue precedido por varios más, siendo registrados en total sólo 6 de éstos. Las causas de estos sismos siguen siendo poco claras. A partir de los datos registrados por el SSN, calculamos los mecanismos focales correspondientes para cada sismo y las características principales del estado de esfuerzos presente en la zona, y con base en algunos estudios geofísicos y geológicos previos que han reportado la presencia de varias fallas, se presentará la correlación de éstas con los hipocentros de los sismos relocalizados en este trabajo. Con esta información podremos estimar la distribución de intensidades sísmicas producidas por futuros eventos de este tipo en esta región de la Cuenca del Valle de México.

SIS-41 CARTEL

### IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO PARA LA INVERSIÓN DEL TENSOR DE MOMENTO SÍSMICO, PARA SISMOS MODERADOS EN MÉXICO, A PARTIR DE SISMOGRAMAS SINTÉTICOS PARA UNA TIERRA 3D

De la Vega Cabrera Oscar Omar<sup>1</sup> y Hjörleifsdóttir Vala<sup>2</sup><sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM<sup>2</sup>Instituto de Geofísica, UNAM

dex\_omega19@hotmail.com

Mecanismos focales permiten identificar y caracterizar fallas sísmicas y en consecuencia revelan información esencial de la tectónica de la zona. Así también son un ingrediente importante para estudios de la estructura interna del planeta. Las agencias globales (NEIC, GCMT, etc.) calculan los parámetros de la fuente sísmica en sismos con magnitudes Mw 5.0 y más grandes, con datos de la red sísmológica global. En escala regional el Servicio Sismológico Nacional (SSN) analiza los eventos sísmicos que se generan en nuestro país con una red local, tomando un enfoque de obtención rápida de los parámetros de la fuente.

En este estudio implementamos computacionalmente una metodología para la inversión del Tensor de Momento Sísmico (CMT), basándonos en el método de Liu et al (2004), que permite invertir 5 elementos del tensor en forma linealmente independientes. En sustento de este método se utilizó un algoritmo de cálculo de sismogramas sintéticos (SPECFEM3D\_GLOBE), para un modelo de la Tierra con variaciones en las velocidades de propagación de ondas sísmicas en tres dimensiones (Komatitsch & Tromp, 2002).

La manipulación de sismogramas observados y sintéticos a partir del uso de diversos filtros y ventaneo en tiempo, ayuda a identificar los rangos de período en el cual es mejor el acoplamiento de sismogramas.

Este trabajo se concentra en dos etapas, la implementación y verificación de las metodologías propuestas y su aplicación secundaria. Para la verificación del método, se analizaron los eventos sísmicos entre magnitudes  $M_w = 5.0 - 6.0$  que ocurrieron en el territorio nacional durante el año 2010. La segunda etapa concentra en calcular los mecanismos focales para todas las réplicas del sismo del 20 de marzo 2012, cerca de Ometepec, Guerrero.

La finalidad de este trabajo es demostrar la eficiencia de las metodologías propuestas para la actividad sísmica de México y demostrar que con base en ellas se puede posteriormente generar un catálogo que dado modelos adecuados permitirían ampliar el rango de magnitudes de cuales podemos obtener mecanismos focales de alta calidad.

Se presenta en este trabajo las soluciones obtenidas por el método propuesto y sus comparaciones con las soluciones de Global CMT y el SSN. Se define y delimita el rango de magnitudes en el cual el método es viable e identificamos las posibles ventajas y desventajas del método propuesto.

SIS-42 CARTEL

### SIMULACIÓN TRIDIMENSIONAL DEL SISMO DEL 16 DE JUNIO DE 2013 EN HUITZUCO, GUERRERO

Carrillo Lucia Miguel Ángel<sup>1</sup>, Ramírez Guzmán Leonardo<sup>2</sup> y Contreras Ruiz Esparza Moisés<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sismología e instrumentación sísmica, IINGEN

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería

mike15\_soccer@hotmail.com

Se presenta un estudio de la fuente y la propagación de ondas del sismo del 16 de junio de 2013 ( $M_w=5.8$ ) en la zona de Huitzucó, Guerrero. El evento "intraslab" ocurrido cerca de los límites con el estado de Morelos y de la zona metropolitana de la Ciudad de México, presenta una oportunidad para mejorar nuestro conocimiento sobre este tipo de temblores. En este trabajo se resumen los resultados de una inversión de los parámetros de fuente, incluyendo la función de deslizamiento considerando frecuencias menores a 1Hz, empleando un modelo unidimensional y bidimensional de las velocidades del centro de México. Los resultados se compararon con los datos reportados por Servicio Sismológico Nacional (SSN) y otras agencias. En esta inversión, se emplearon datos regionales del SSN y el Instituto de Ingeniería (II). Los cálculos necesarios para este proceso se realizaron con el sistema de simulación de elementos finitos HERCULES y la implantación numérica del método de Thomson-Haskell. Una vez definida la fuente, se llevó a cabo una simulación numérica del sismo, válida hasta 1Hz en un dominio de 350 km x 350 km x 75 km empleando un modelo realista del Valle de México. Se analizaron los mapas de parámetros de movimiento del terreno a nivel regional y el Valle de México (e.g. valores pico de velocidad, aceleración y pseudoaceleraciones espectrales con periodos  $T=0.3$  y  $0.5$  s), y se compararon cualitativamente con los obtenidos de forma automática por el Instituto de Ingeniería (UNAM) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés).

SIS-43 CARTEL

### SECUENCIA DEL PROCESAMIENTO DE DATOS SÍSMICOS 2D EN EL SISTEMA DE PROCESADO SÍSMICO SEISUP

Nájera Simbrón Violeta Gabriela, Jerónimo Bayona Rafael de Jesús, Galván Belman José Antonio y Avelayra Peralta César  
ESIA Ticomán, IPN  
violeta.simbron@gmail.com

La humanidad ha aprendido a utilizar exploración geofísica para poder encontrar yacimientos petroleros que hoy en día son de gran importancia para el país y para toda la tierra. La prospección sísmica de reflexión es fundamental para la exploración petrolera debido a que los yacimientos se encuentran a gran profundidad. Al ser tan importante, se han desarrollado infinidad de herramientas para mejorar la eficacia al eliminar datos sin utilidad y solamente conservar los eventos reflexivos importantes, así como mejorar los eventos y colocarlos en su posición original.

En el presente trabajo se presenta un flujo de la secuencia realizada en SeisUp para el procesamiento de datos sísmicos 2D con fines petroleros, empezando por los datos pre-apilamiento hasta llegar a la migración, una sección sísmica con todos los procesos básicos.

Dentro de este procesamiento se destacan los diferentes procesos utilizados para obtener una sección sísmica de calidad. Algunos de estos procesos son los filtros aplicados para la eliminación de ruido coherente e incoherente, correcciones estáticas y dinámicas, ganancias y apilamiento.

Estos procesos pasan por tres distintas etapas de la secuencia del procesamiento de datos; pre-apilamiento, apilamiento y post apilamiento. Y su principal función es obtener una sección sísmica que se pueda interpretar de manera conveniente.

SIS-44 CARTEL

### ESTUDIOS PRELIMINARES DE PELIGRO SÍSMICO EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA

Monzón Cárdenas Amalia de Jesús  
Ciencias de la Tierra, CICESE  
amonzon@cicese.edu.mx

El Norte de Baja California (BC) es una zona sísmicamente activa, debido a que el proceso de separación de la península respecto de Norte América, es aún activo a lo largo del sistema de fallas conocidas como San Andrés-Golfo de California. Cabe mencionar que península de Baja California es parte de la Placa del Pacífico, que es una de las placas principales que conforman el sistema de placas a nivel global.

Considerando los antecedentes de sismicidad expuestos y el gran crecimiento en los últimos años en los municipios del estado en cuanto a población, construcción de grandes obras de ingeniería y en general de la infraestructura productiva. Y así como también de las consecuencias producidas por el temblor en el Valle de Mexicali del 4 de Abril de 2010 ( $M_w 7.2$ ), resulta de considerable interés evaluar el peligro sísmico al que está expuesta la región.

Se evaluará el peligro sísmico con base en datos sísmicos acumulados durante los últimos 30 años. En este estudio se efectuará un análisis probabilístico de peligro sísmico (PSHA, por sus siglas en inglés) que afecta a la zona.

Nuestros estudios de peligro sísmico se basan en el método propuesto por Cornell (1968), en el cual las probabilidades de excedencia de diferentes niveles de movimiento del terreno se calculan a partir de razones de ocurrencia sísmica y en modelos de atenuación de movimientos obtenidos recientemente en la región (Martínez, 2007; Munguía y otros, 2011). Teniendo como resultado curvas de peligro sísmico, en la cual se determinan las zonas que potencialmente pudiesen sufrir grandes daños producto de los distintos tipos de sismos que afectan o podrían afectar la zona noroeste principalmente de Baja California.

SIS-45 CARTEL

### ANÁLISIS DE PELIGRO SÍSMICO POR MEDIO DE COCIENTES ESPECTRALES DE EVENTOS SÍSMICOS PARA LA CIUDAD DE CHILPANCINGO, GUERRERO

Robles Mendoza Alejandra<sup>1</sup>, Aguirre González Jorge<sup>2</sup>, Vázquez Rosas Ricardo<sup>2</sup>, Mijares Arellano Horacio<sup>2</sup>, Gama García Andrés<sup>3</sup>, Cruz Garduño Karen<sup>2</sup>, Ríos Torres Servando<sup>4</sup> y Ríos Ramírez Wenseslao<sup>4</sup>

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

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

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Guerrero

<sup>4</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio, UAS

robles\_peque@yahoo.com.mx

Para estimar el peligro sísmico de la Ciudad de Chilpancingo se obtendrán los cocientes espectrales de eventos sísmicos usando el mismo principio del Método de Cocientes Espectrales H/V (Nakamura, 1989), que permite estimar la respuesta del sitio.

El método de Cocientes Espectrales H/V (Nakamura, 1989) fue modificada para eventos sísmicos usando ondas S (Lermo, J. y Chávez-García, F., 1993). Para esto se usaran los datos obtenidos de la Red Sísmica Temporal que se instaló en la ciudad de Chilpancingo, Guerrero, que tuvo como objetivo detectar las réplicas generadas por el sismo del 20 Marzo de 2012 en Ometepec, Guerrero de magnitud de 7.4. Dicha red consistió de 5 sismógrafos y un acelerógrafo, estuvo en funcionamiento aproximadamente un mes y medio. Con los datos obtenidos de la red temporal, se realizó un catálogo de registros sísmicos que consta de aproximadamente 840 sismos de magnitudes que oscilaron de 3.5 a 6.8.

Se realizaron los cocientes espectrales de los eventos sísmicos para diferentes magnitudes, esperando que la magnitud del sismo no influya en la respuesta del sitio. Con los periodos naturales obtenidos se construirá un mapa de isoperiodos de la ciudad.

Con los resultados obtenidos en este trabajo puede servir para enriquecer los estudios que se han hecho en esta zona. Este tipo de análisis no está de más que se realicen en las ciudades que están expuestas a gran actividad sísmica y además que se encuentran en crecimiento urbano.