

# Primeros resultados de recurrencia paleosísmica de la Zona de Falla de El Salvador

## *First results of paleoseismic recurrence along the El Salvador Fault Zone*

C. Canora<sup>1</sup>, J.J. Martínez-Díaz<sup>1</sup>, P. Villamor<sup>2</sup>, K. Berryman<sup>2</sup>, R. Capote<sup>1</sup>,  
J.A. Álvarez-Gómez<sup>3</sup> y C. Pullinger<sup>4</sup>

1 Dpto. Geodinámica, Facultad de Geología, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 28040, Spain. canora@geo.ucm.es

2 GNS Science, PO Box 30368, Lower Hutt, New Zealand

3 Instituto Geográfico Nacional, C/ General Ibáñez Ibero 3, C.P. 28003, Madrid, Spain

4 LaGeo, 15 Avenida Sur, Colonia Utila, Santa Tecla, La Libertad, El Salvador

**Resumen:** La Zona de Falla de El Salvador (ZFES), es una estructura de cizalla con una longitud de al menos 150 km y una dirección de aproximadamente N100°E. Tanto los estudios morfotectónicos, que muestran desplazamientos en la red fluvial y morfologías típicas de desgarres, como los estudios paleosísmicos indican un movimiento de desgarre dextral con componente extensional para la ZFES. Esta falla afecta materiales volcánicos y aluviales de edad holocena y se encuentra constituida por tres segmentos estructurales principales. De acuerdo con los estudios sismotectónicos previos, el segmento más occidental (Ilopango-San Vicente) fue el responsable del evento sísmico destructivo de Mw 6.6 ocurrido en 2001. La excavación de dos trincheras en este segmento aporta los primeros datos paleosísmicos obtenidos hasta la fecha para esta falla. El estudio preliminar de la estructura de la zona de falla en las trincheras y de la evolución de la deformación paleosísmica mediante la datación de los sedimentos desplazados, nos indica la existencia de al menos tres eventos sísmicos con ruptura superficial en los últimos 1.500 años. La geometría de la fracturación estudiada en la trinchera aporta además valiosos datos para caracterizar la cinemática de la falla, como la dirección y el buzamiento de los planos en la zona de falla o la aparición de estrías, y apoya una tasa de movimiento mínima de 1,9 mm/a.

**Palabras clave:** El Salvador, Subducción Centro Americana, terremoto, falla de desgarre.

**Abstract:** The El Salvador Fault Zone (ESFZ) is a 150 km long, E-W oriented, strike-slip fault and has recently been identified as the source of the destructive Mw 6.6 El Salvador earthquake of 2001. The fault zone comprises three major segments from Lake Ilopango to Golfo de Fonseca. Along this sector the fault displaces recent volcanic and alluvial deposits. According to previous seimotectonic studies, the reactivation of the occidental segment (Ilopango - San Vicente) produced the 2001 damaging seismic event. Holocene activity of this fault segment deforms fluvial terraces and produces morphological features related to strike-slip movement. In this work we present the results of the first paleoseismic analysis carried out on this fault. Trenching studies on the Ilopango-San Vicente segment shows that surface rupture events have occurred at least twice along the fault during the past 1.5 ka. The geometry of faulting exposed in the trench provides valuable insights into the kinematics of the fault, and provides a preliminary minimum net slip rate of 1.9 mm/yr.

**Key words:** El Salvador, Central America Subduction, earthquake, strike-slip fault.

## INTRODUCCIÓN Y MARCO GEOLÓGICO

El Salvador ha sufrido al menos 11 terremotos destructivos durante los últimos 100 años que han causado más de 3000 víctimas debidas tanto al efecto directo de las sacudidas como a los deslizamientos de ladera inducidos (Bommer *et al.*, 2002). La zona sísmica de El Salvador se sitúa en las proximidades de la zona de subducción centroamericana (Fig. 1), en el área donde convergen la placa de Cocos y la Placa del Caribe con una velocidad de 73 a 84 mm a<sup>-1</sup> (Demets, 2001). En febrero de 2001, un terremoto de Mw 6,6 localizado pocos km al este de San Salvador produjo numerosas víctimas y cuantiosos daños materiales.

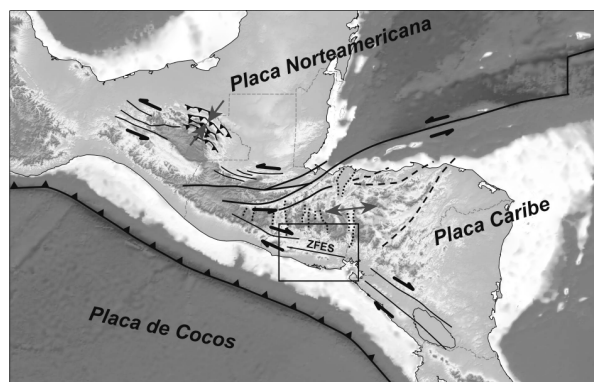


FIGURA 1. Esquema tectónico de la zona centroamericana donde se sitúa la Zona de Falla de El Salvador (ZFES).

Los estudios neotectónicos de campo en la zona y la interpretación sismotectónica permitió identificar la Zona de Falla de El Salvador (ZFES) como la responsable de dicho terremoto (Benito *et al.*, 2004; Martínez-Díaz *et al.*, 2004). Esta falla constituye, por tanto, una fuente sismogénica de importancia regional.

La ZFES es una zona de cizalla dextral de orientación N 90-100° E y más de 150 km de longitud que atraviesa gran parte de El Salvador, al menos desde el Lago Ilopango al oeste hasta el Golfo de Fonseca al este (Corti *et al.*, 2005). Seis de los mayores terremotos destructivos ocurridos en el país en el periodo histórico parecen estar relacionados con la actividad del sector occidental de esta falla. Hasta el momento no se habían realizado estudios de caracterización de la actividad sísmica prehistórica de la ZFES.

El proyecto en el que se engloba este trabajo tiene como objetivo a medio y largo plazo llenar este vacío de conocimiento científico así como aportar datos de utilidad para la prevención de futuros desastres mediante la correcta evaluación y gestión de la peligrosidad y el riesgo sísmicos.

El objetivo concreto de este estudio es la identificación, datación y cuantificación de los eventos sísmicos producidos por el movimiento de la ZFES.

## ANÁLISIS PALEOSÍSMICO

Como fase previa al estudio paleosísmico se ha realizado un análisis morfotectónico basado en la observación de la fotografía aérea y del modelo digital del terreno, así como cartografía y toma de datos estructurales en diversas campañas de campo. Dicho análisis ha revelado la existencia de estructuras adecuadas para la realización de los estudios sobre la historia sísmica de la falla basada en la excavación de trincheras. Mediante estas técnicas se han identificado varios puntos de interés en el segmento Ilopango-San Vicente en los cuales la falla está afectando materiales de edad reciente susceptibles de ser datados (Fig. 2).

En uno de estos puntos (TR2, Fig. 2) la falla, debido al movimiento de desgarramiento dextral con componente normal, produce el levantamiento del flanco sur creando una serie de montículos que bloquean el drenaje de los arroyos de la zona y generan un área de acumulación de sedimentos idónea para el estudio paleosísmico. (Fig. 3).

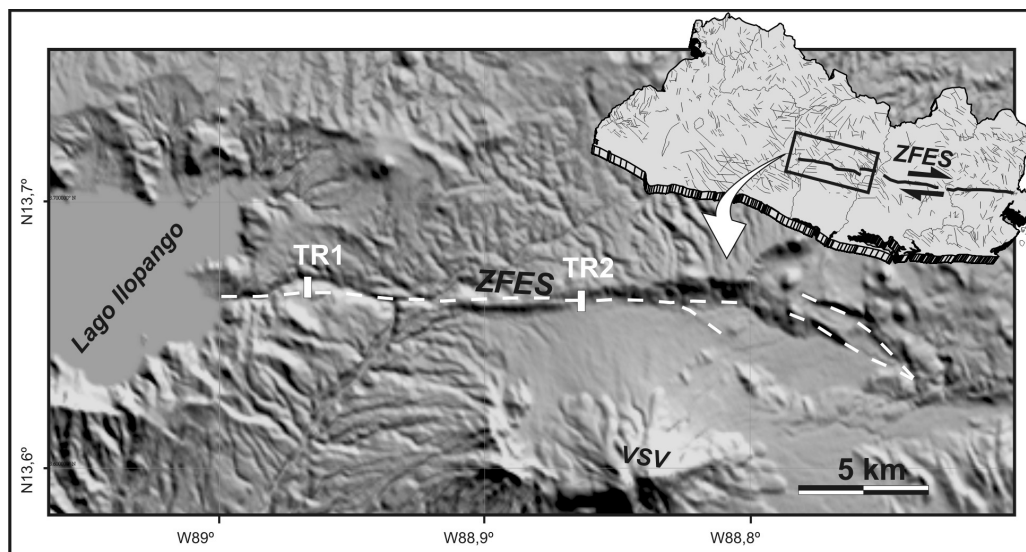


FIGURA 2. Modelo digital del terreno del segmento Ilopango – San Vicente donde se sitúan las dos trincheras excavadas.

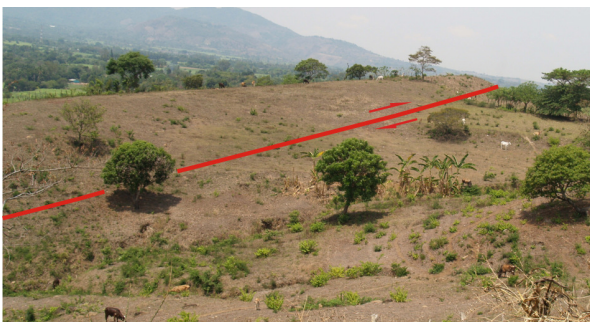


FIGURA 3. Fotografía de una loma de obturación producidas por el movimiento de la ZFES. En la zona hundida se produce acumulación de material detrítico reciente datable. La línea muestra la traza de la falla principal..

En este trabajo se exponen los resultados obtenidos de la interpretación de una de las trincheras realizadas hasta la fecha (TR2, Fig. 4) y la datación radiométrica mediante Carbono 14 (Tabla I) de varias de las unidades afectadas por la falla. En la trinchera se observan materiales piroclásticos de la formación Tierra Blanca Joven (TBJ), generada por la gran erupción riolítica pliniana del volcán Ilopango hace aproximadamente 1.500 años, depósitos aluviales y materiales resedimentados, así como varios niveles de paleosuelos todos ellos afectados por la falla, salvo el suelo actual.

Formación	Edad (años cal BP)
Paleosuelo 1	7.130 ± 108
Tierra Blanca Joven	1.478 ± 64 (Dull <i>et al.</i> , 2001)
Paleosuelo 2	840 ± 68
Cuña coluvial 2	220 ± 72

TABLA I. Dataciones mediante Carbono 14 realizadas en los materiales afectados por la falla en la trinchera TR2. Dataciones realizadas por el laboratorio Rafter del GNS Sciences de Nueva Zelanda.

INTERPRETACION

La estructura que nos muestra la trinchera, con la aparición de bloques elevados y hundidos y la presencia de estrías, confirma que la falla tiene una cinemática de desgarre con componente extensional. Se observa una zona principal de deslizamiento y junto a ella una zona con numerosos bloques con disposición caótica y hundidos debido a la creación de espacio durante el movimiento de desgarre.

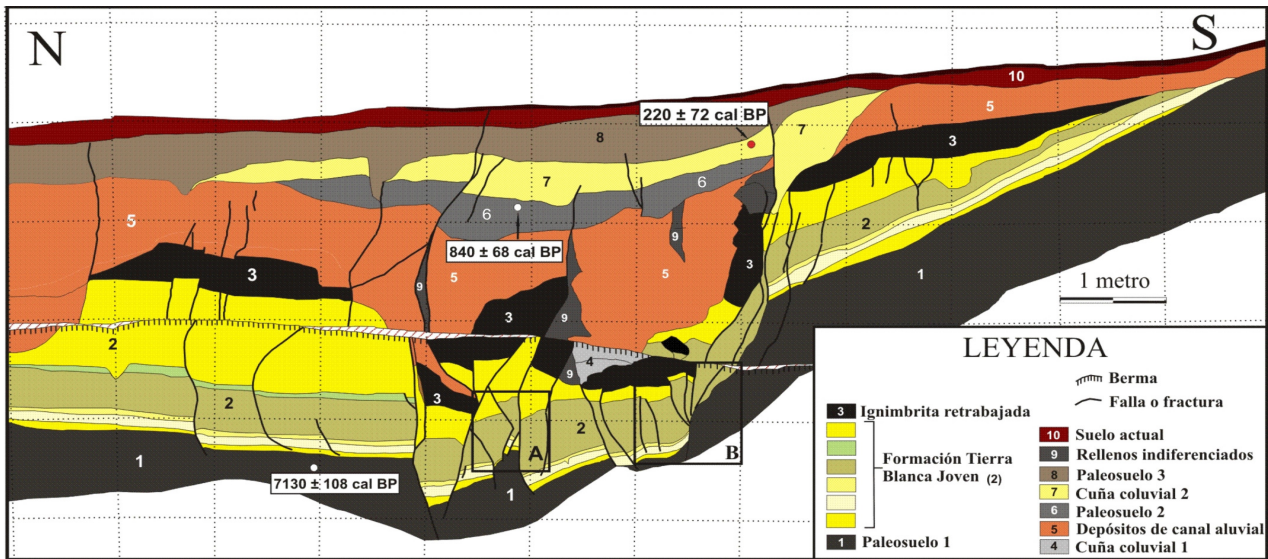


FIGURA 4A. Detalle de las formaciones y estructura interpretadas en la trinchera TR2, sobre la que se superponen las dataciones obtenidas de los paleosuelos. La edad de la formación Tierra Blanca Joven es de 1500 años daBP. Se han separado las 6 subunidades que forman esta unidad.

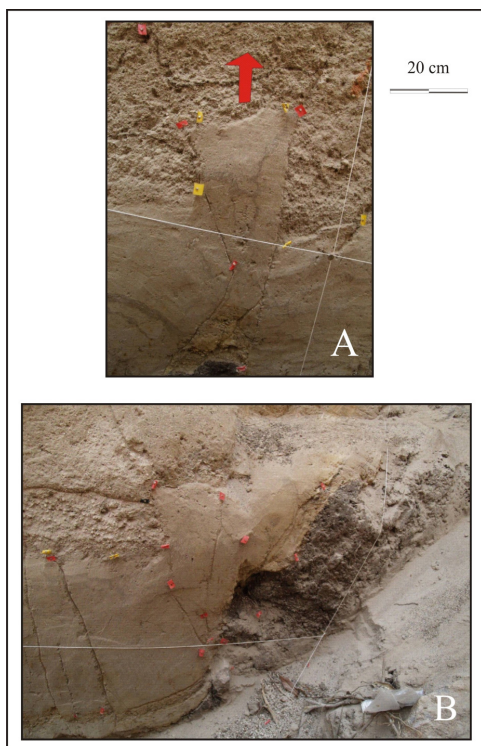


FIGURA 4B. Fotografía de los detalles marcados con cuadros negros en 4A.

De forma preliminar podemos describir la existencia de al menos tres eventos sísmicos posteriores a la deposición de TBJ.

El primer evento corresponde a la rotura de esta unidad (Nº 2, Fig. 4) y a la formación de la cuña coluvial 1 (Nº 4, Fig. 4) y de bloques cerca del plano de falla principal. El segundo evento se produce tras la deposición de los canales aluviales (Nº 5, Fig. 4) y la formación del paleosuelo (Nº 6, Fig. 4), reconocemos este evento gracias a que el paleosuelo está roto y se ha formado la cuña coluvial 2 (Nº 7, Fig. 4) producida por la erosión del escarpe debido a la rotura superficial de la falla durante el terremoto. El último evento nos lo marca la rotura de dicha cuña, siendo posterior a la formación de ésta y anterior al depósito del paleosuelo superior (Nº 8, Fig. 4).

La existencia de, al menos, tres eventos sísmicos con rotura superficial posteriores al depósito de TBJ (1.478 ± 64 cal. BP) nos aporta una recurrencia mínima de unos 500 años. El salto cosísmico observado en la trinchera se debe únicamente a la componente vertical del movimiento de la falla y es de aproximadamente 1,6 m. El salto neto se ha calculado utilizando las estrías de los planos de falla lo que nos ha llevado a la estimación de un desplazamiento máximo de 2,8 m.

Estos datos nos aportan una velocidad de movimiento para el sector Ilopango-San Vicente de 1,9 mm/a.

La compleja estructura de bloques en la zona de falla unida al elevado salto neto total hace pensar que pueda existir un número mayor de eventos registrados en ese intervalo de tiempo. Nuevas trincheras que se encuentran en preparación ayudarán a aclarar este hecho.

## CONCLUSIONES

Mediante los estudios realizados queda demostrada la actividad tectónica y sismogénica recurrente de esta falla durante el periodo Holoceno.

La estructura observada en la trinchera es coherente con una cinemática de desgarre dextral con componente extensional y ésta a su vez con la morfología local.

Al menos tres grandes eventos sísmicos con ruptura superficial pueden inferirse para los últimos 1.500 años. Los resultados que se obtengan del estudio detallado de las distintas trincheras en curso, así como de las sucesivas campañas paleosísmicas programadas en otros puntos de la ZFES, serán de gran interés para la caracterización paleosísmica de dicha falla y supondrán la aportación de los primeros datos paleosísmicos de directa aplicación a las estimaciones de peligrosidad sísmica para El Salvador.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado por el proyecto TECSAL, Ref.: Cgl2005-07456-C02 / Bte". Le agradecemos al SNET su participación en el proyecto así como su apoyo en las campañas de campo y a la

familia Melgar y a Don Francisco Saúl García por su permiso para la realización de la trinchera. La participación de P. Villamor y K. Berryman está subvencionada por New Zealand Foundation for Research Science and Technology (contrato C05X0203). C. Canora es investigadora becada por la Universidad Complutense, este trabajo forma parte de su tesis doctoral en realización.

## REFERENCIAS

- Bommer, J., Benito, B., Ciudad-Real, M., Lemoine, A., López-Menjivar, M., Madariaga, R., Mankelov, J., Mendez-Hasbun, P., Murphy, W., Nieto-Lovo, M., Rodríguez, C., and Rosa, H. (2002): The Salvador earthquakes of January and February 2001: Context, characteristics and implications for seismic risk. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 22: 389–418.
- Benito, B., Cepeda, J.M. y Martínez-Díaz, J.J. (2004): Analysis of the spatial and temporal distribution of the 2001 earthquake in El Salvador, in Rose, W.I., *et al.*, eds., Natural hazards in El Salvador. *Geological Society of America Special Paper*, 375: 339-356.
- Corti, G., Carminati, E., Mazzarini, F. y García, M.O. (2005): Active strike-slip faulting in El Salvador (Central America). *Geology*, 33: 989–992.
- DeMets, C. (2001): A new estimate for present-day Cocos-Caribbean plate motion: Implications for slip along the Central American volcanic arc. *Geophysical Research letters*, 28: 4043-4046.
- Dull, R.A., Southon, J.R. y Sheets, P. (2001): Volcanism, Ecology and Culture: A Reassessment of the Volcán Ilopango Tbj eruption in the Southern Maya Realm. *Latin American Antiquity*, 12: 25-44.
- Martínez-Díaz, J.J., Álvarez-Gómez, J.A., Benito, B. y Hernandez, D. (2004): Triggering of destructive earthquake in El Salvador. *Geology*, 32: 65-68.