

Paleosismología en la falla de Cofradía, Managua, Nicaragua: resultados preliminares

Paleoseismology along the Cofradía fault, Managua, Nicaragua: preliminary results

P. Ruano^{1,3}, C. Rubí², E. Masana¹, M. Ortuño¹, O. Piqué¹ y P. Santanach¹

1 Dpt. de Geodinàmica i Geofísica, Grup RISKMAT, Fac. de Geologia, Universitat de Barcelona. pruanor@ugr.es

2 CIGEO, Universidad Nacional de Nicaragua, Managua

3 Dpto. de Geodinàmica, Fac. de Ciencias, Campus Fuentenueva sn. Universidad de Granada

Resumen: La falla de Cofradía es una falla normal de orientación N-S que limita por el E el graben de Managua y tiene una longitud de 40 km. Esta falla es sísmicamente activa y, a partir de datos históricos, a ella se han asociado los terremotos de 1865 y 1866 que cambiaron la topografía del río Tipitapa. Se ha llevado a cabo un estudio paleosismológico en su sector meridional mediante la apertura de 5 trincheras en tres localidades. En la trinchera de El Cocal se han identificado 3 eventos sísmicos. Actualmente no se dispone todavía de las dataciones con radiocarbono, pero la presencia de cerámica de los períodos Bagaces y Sapoa permite afirmar que estos eventos han ocurrido durante los últimos 1700 años, con un periodo de recurrencia del orden de 500 años, y deja abierta la posibilidad de que el último evento detectado corresponda a los terremotos de 1865 y 1866.

Palabras clave: Paleosismología, trincheras, Centroamérica.

Abstract: The N-S trending Cofradía fault is a 40 km-long normal fault, which bounds the Managua graben to the East. This fault is seismically active and has been associated to the 1865 and 1866 earthquakes that modified the topography of the Tipitapa River. A paleoseismological study has been carried out in its southern sector with five trenches in three different sites. The Cocal trench allowed us to identify 3 seismic events. Radiocarbon datings are not available yet, but the presence of ceramic fragments belonging to the Bagaces and Sapoa periods yield by different layers allows us to conclude that these events occurred during the last 1700 years, with a recurrence period in the order of 500 years, being possible that the last event could correspond to the earthquakes of 1865 and 1866.

Key words: Paleoseismology, trenching, Central America.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Managua, construida en la orilla del lago Xolotlán o de Managua, se sitúa en el interior de un graben, intensamente fallado y con una actividad sísmica superficial que da lugar a terremotos devastadores (Ms 6-6,2). El graben se localiza en una discontinuidad de la Cadena volcánica de Centroamérica (Fig.1). Esta alineación volcánica está asociada al límite de placas Cocos-Caribe y se sitúa en la Depresión de Nicaragua, que aloja dos grandes lagos (lagos Xolotlán y Cocibolca o de Nicaragua) y un volumen notable de materiales volcanoclásticos cuaternarios.

El graben de Managua (Fig. 2) está limitado al E y W por fallas normales de dirección aproximada N-S, mientras que en su interior se encuentra un cortejo de fallas de orientación NE-SW con una importante componente direccional siniestra, como la falla de Tiscapa, fuente del terremoto de 1972 y la falla del Estadio, fuente del de 1931 (Fig. 2) (Brown *et al.*, 1973; Leeds, 1974), que afectaron gravemente a la ciudad de Managua. El borde occidental del graben está constituido por el alineamiento de Nejapa-Miraflores,



FIGURA 1. Marco geodinámico con la situación del área de estudio.

escalón en el que se alinean diversos conos volcánicos. Este alineamiento se inicia por el N en el volcán de Apoyequé y se extiende a lo largo de unos 25 km hacia el S. Junto al borde oriental del graben se localiza la

parte más hundida, el graben del Aeropuerto, que está limitado por la falla de Cofradía por el Este y por la falla del Aeropuerto por el Oeste. Investigaciones paleosismológicas han mostrado que el último terremoto ocasionado por esta última falla ocurrió entre 1650 y 1810 AD y otro habría ocurrido aproximadamente hace 2000 años (Cowan *et al.*, 2002). La falla de Cofradía (Figs. 2 y 3), límite oriental del graben, se inicia por el sur en el volcán Masaya, condiciona el trazado de la costa oriental del lago Xolotlán y se prolonga hacia el N hasta el borde NE de la Depresión de Nicaragua. Peraldo y Montero (1999), a partir de datos históricos, atribuyen a esta falla los temblores que ocurrieron entre diciembre 1865 y febrero 1866, durante los cuales cambió la topografía del río Tipitapa (Leeds 1974).

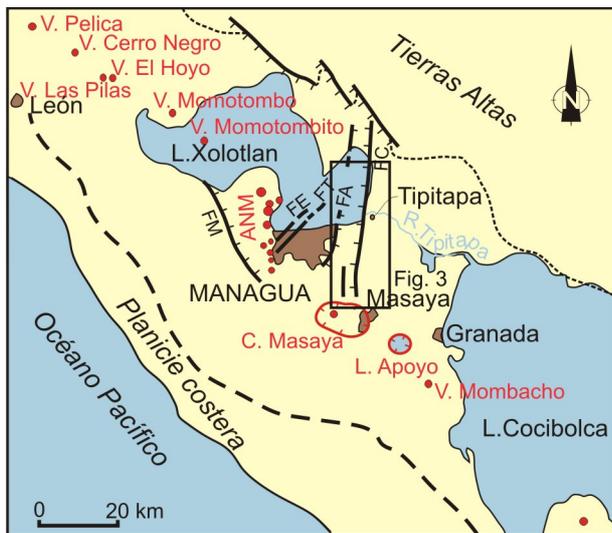


FIGURA 2. El graben de Managua en el interior de la Depresión de Nicaragua entre la Planicie Costera y las Tierras Altas. F.M., Falla de Mateare; A.N.M., Alineamiento de Nejapa-Miraflores; F.A., Falla del aeropuerto; F.E., Falla del Estadio; F.T., Falla de Tiscapa; F.C., Falla Cofradía. En puntos rojos, volcanes actuales.

El objetivo de esta comunicación es presentar los primeros resultados de la investigación paleosísmica de la falla de Cofradía. Esta falla, desde el volcán Masaya hasta su extremo septentrional en el límite de la Depresión de Nicaragua, tiene una longitud de unos 40 km. En superficie se manifiesta por una serie de escarpes escalonados (Fig. 3) con el labio occidental hundido y algunos escarpes menores antitéticos. Gracias a la excavación de trincheras a través de algunos de estos escarpes en las cercanías de Tipitapa pudo comprobarse que correspondían al relieve creado por el movimiento de actividad holocena de distintas ramas de la falla de Cofradía (Dames y Moore-Lamsa, 1978). Al S de Tipitapa, al pie del escarpe de la falla y hasta la falla del Aeropuerto, se extiende una pequeña llanura cubierta de aluviones muy recientes en la que se pierden los pequeños cursos que, encajados, descienden de los relieves del labio oriental de la falla de Cofradía. A lo largo de la costa se dispone una estrecha franja de terrazas lacustres (Cowan *et al.*, 2002) que localmente

finalizan en escarpes erosivos. En la costa E del lago corresponden, probablemente en su mayor parte, a escarpes de falla retrocedidos.

Después de un estudio geomorfológico detallado, se han abierto 5 trincheras en tres localidades de la mitad S de la falla de Cofradía con la finalidad de cortar los terrenos más recientes que podrían haber sido afectados por su actividad, e intentar caracterizar los últimos eventos sísmicos que produjo. De N a S, las localidades son La Vaquería, El Cocal y La Piedra Menuda (Fig. 3). En este trabajo se describen los resultados preliminares obtenidos en la trinchera de El Cocal, situada en el centro de la zona de estudio.

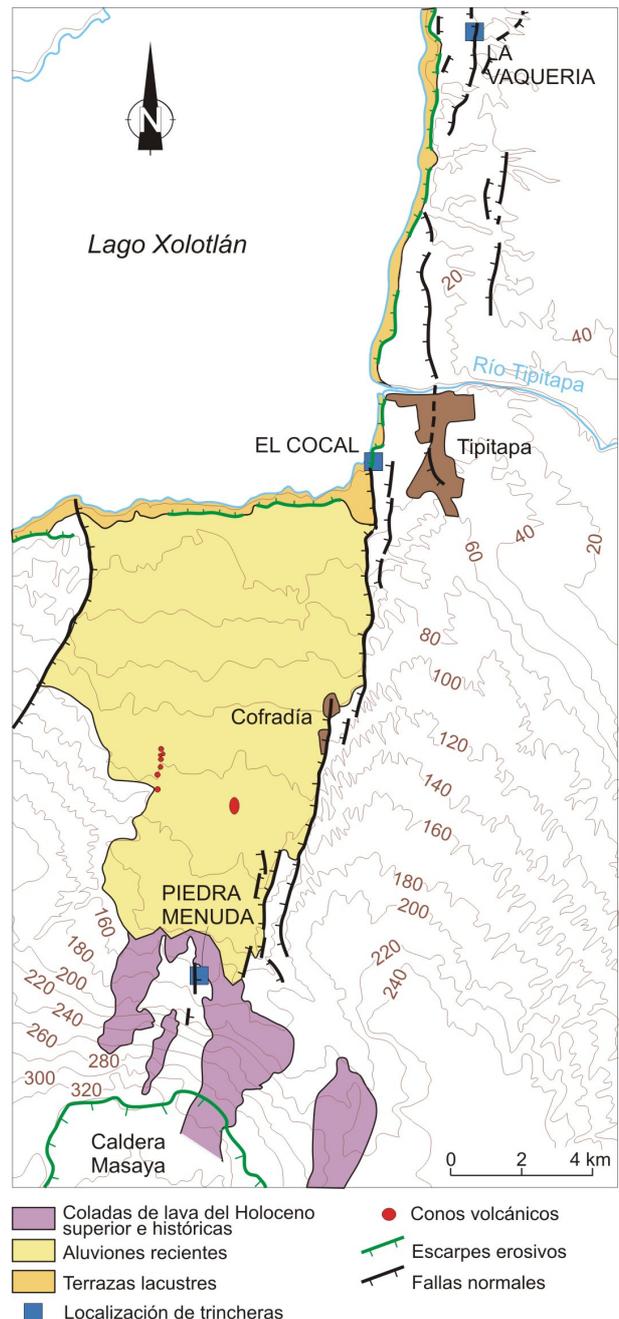


FIGURA 3. Esquema de la parte meridional de la falla de Cofradía, en el límite oriental del graben de Managua. Se indica con cuadrados azules las localidades donde se han abierto trincheras.

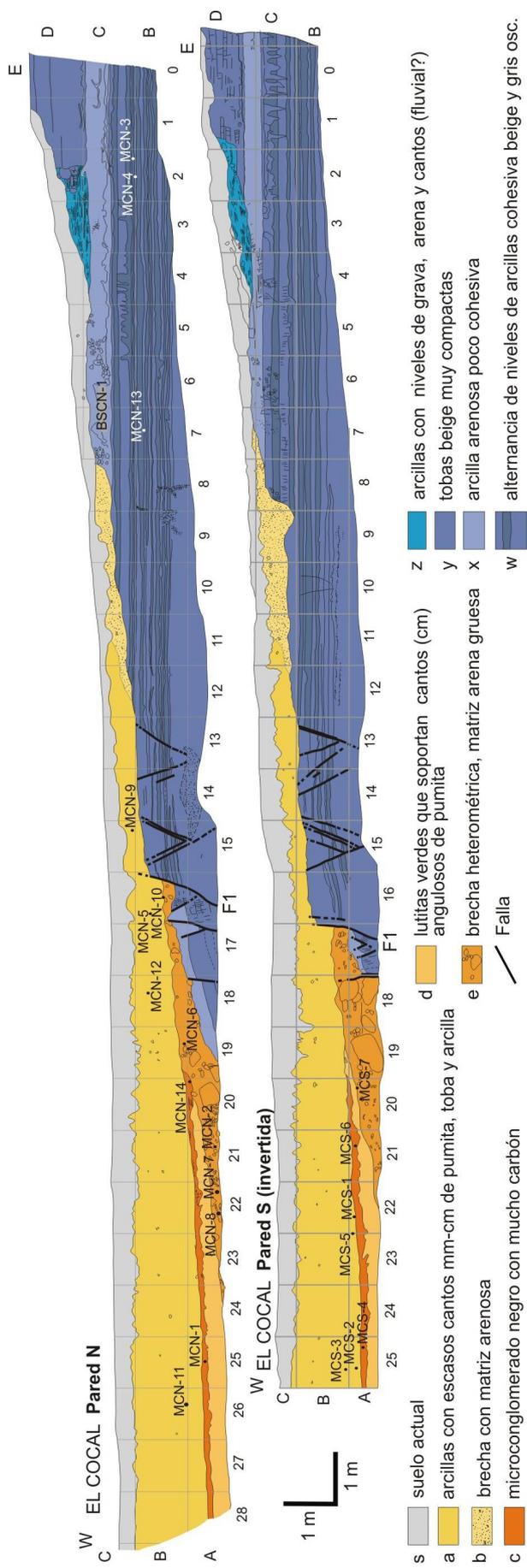


FIGURA 4. Perfiles geológicos de las paredes N y S de la trinchera El Cocal, donde se indican las muestras tomadas para realizar dataciones.

ESTUDIO PALEOSÍSMICO

Las observaciones de campo y de fotografía aérea han evidenciado que el área de El Cocal es la de mayor número de indicios para realizar un estudio paleosismológico mediante trincheras. En esta zona el escarpe de la falla de Cofradía está erosionado y recubierto por los depósitos de terraza lacustres. Este escarpe, ligeramente retrocedido continúa hacia el N con un escarpe erosivo, más sinuoso que el escarpe de falla.

Después de un estudio geomorfológico y microtopográfico detallado se ha realizado una trinchera de orientación N65°E, a partir de la base del escarpe morfológico, perpendicularmente al mismo.

En la trinchera de El Cocal (Fig. 4) se han observado 10 unidades sedimentarias. Se pueden distinguir dos grandes grupos con un ambiente de depósito diferenciado. De muro a techo se identifican (con una potencia mínima total de 2,2 m) tres unidades de depósitos lacustres bajo lámina de agua (w-y), probablemente de edad holocena tardía. Están formadas por niveles arcilloso-arenosos de color gris oscuro, que alternan con niveles beige más arcillosos estrato-crecientes y canales arenosos intercalados. Diversos niveles contienen estructuras de licuefacción, El nivel x se encuentra a ambos lados de la zona de fallas. Sobre estas unidades, al pie del escarpe morfológico, se dispone, en forma de cuña, una unidad de brechas (z).

El segundo conjunto de unidades se dispone discordantemente sobre el anterior. De muro a techo, se observan una brecha (e) sin estratificación soportada por los clastos, matriz de arena gruesa-grava con cantos poligénicos y heterométricos de hasta 50 cm, que incluyen fragmentos de las unidades anteriormente descritas. Por encima de esta brecha, se observa una unidad constituida por lutitas verdes con gran cantidad de granos de arena y cantos angulosos dispersos de pumitas (d), seguida de una unidad de microconglomerados con base erosiva y estructuras de licuefacción con gran cantidad de carbón (c). Discordantemente sobre todas las unidades anteriormente descritas, se identifica una unidad superior de arcillas claras con escasos cantos dispersos de pumita, cenizas volcánicas y arcillas compactas (a) que hacia el Este pasa a una brecha con matriz arenosa (b). Todos estos materiales están cubiertos por el suelo actual (s).

Bajo el suelo actual, los materiales están afectados por un conjunto de fallas de alto ángulo aparentemente normales, de acuerdo con los desplazamientos de los marcadores existentes. La falla F1 (fig.4) afecta a todas las unidades sedimentarias descritas y forma un escarpe fosilizado parcialmente por la unidad (a) que se localiza a 17 m al W de la base del escarpe actual retrocedido observado en superficie. Esta falla provoca un salto de 1,5 m del nivel (x). La actividad de esta falla condiciona claramente el depósito del conjunto de unidades superiores, ya que los materiales (e-c) se observan

solamente en el bloque hundido de la falla, hacia el W de la trinchera. La unidad (e) correspondería a los depósitos acumulados al pie del escarpe generado por el movimiento de la falla y se interpreta como una cuña coluvial. Al E de la F1 existe un sistema de fallas con saltos centimétricos, algunas de ellas conjugadas, que sólo afectan al primer conjunto de unidades (y-w) y están fosilizadas por la unidad (a). Al W de F1 se observan varias fallas que además de deformar al conjunto de unidades inferiores como las anteriores, también afecta a la cuña coluvial (e), sin llegar a cortar a la unidad (a).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A la vista de los datos anteriores se proponen un mínimo de tres eventos sísmicos, I, II y III. Evento I: está representado por la cuña coluvial (e) y su horizonte de evento sería por lo tanto la base de esta cuña coluvial. Evento II: las fallas al W de la falla F1 que afectan la unidad (e), pero no cortan la base de la unidad (a) evidencian este evento que sería posterior a (e) y anterior a (a). Estas fallas no tienen relación con las unidades (c) y (b). Evento III: se habría producido durante o posteriormente al depósito de la unidad (a) ya que esta unidad está afectada, al menos en su parte inferior, por la falla F1.

Se han recolectado 22 muestras de carbón y madera, hueso de extremidad de un cérvido, conchas de bivalvos lacustres y muestra total de suelo, 9 de las cuales están en vías de ser datadas mediante radiocarbono. Algunos niveles contenían restos de cerámica. En las unidades (e) y (c) se han recolectado tiestos, alguno del tipo Tola tricolor (MCS-7), atribuidos al período Bagaces (300-800 A.D.), y el nivel (a) ha librado fragmentos de cerámica de los tipos Sacasa estriado y Papagayo policromo (MCN5 y MCN-12) atribuidos al período Sapoá (800-1350 A.D.) (determinaciones y atribuciones de E. Espinosa, Dtor. Museo Nac. de Nicaragua, com. pers.).

Con los datos de los que se disponen actualmente, y suponiendo que la cuña coluvial (e) se hubiera depositado inmediatamente después del correspondiente evento sísmico, se puede concluir que la falla de Cofradía, en la zona de El Cocal, ha producido un mínimo de 3 eventos sísmicos en los últimos 1700 años,

lo cual indica una recurrencia del orden de los 500 años, para este segmento de la falla de Cofradía.

El Evento I se produjo poco antes de una edad comprendida entre 300 y 800 A.D. (no se conoce de momento la edad de los depósitos que subyacen al horizonte evento). El evento II sería anterior a una edad comprendida entre 300 (edad máxima de la unidad (e) y 1350 A.D. (edad mínima de la unidad a). El evento III es posterior a 800 A.D. (edad más antigua del nivel a). Estos datos abren la posibilidad de que el último evento observado corresponda a los terremotos de 1865 y 1866 que modificaron el curso del río Tipitapa. Las dataciones mediante radiocarbono permitirán precisar esta hipótesis.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se enmarca en el convenio entre la Universitat de Barcelona y la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, financiado por el Programa Multidisciplinario de Investigación Ambiental de la UNAN, Managua, con el apoyo de la Agencia sueca para el desarrollo Internacional (ASDI/SAREC). Se ha contado también con una ayuda de la Agencia Española para la Cooperación Internacional (AECI) 2006, y con la acción complementaria CGL 2006-27072-E/BTE.

REFERENCIAS

- Brown, Jr. R.D., Ward, P.L. y Plafker, G. (1973): Geologic and Seismologic Aspects of the Managua, Nicaragua, Earthquakes of December 23, 1972. *Geol. Surv. Professional Paper*, 838: 34 pp.
- Cowan, H., Prentice, C., Pantosti, D., de Martini, P., Strauch, W, y Participantes del Workshop (2002): Late Holocene Earthquakes at the Aeropuerto Fault, Managua, Nicaragua. *Bull. Seism. Soc. America*, 92 (5): 1694-1707.
- Dames y Moore-Lamsa (1978): *Informe final del Estudio Geológico de las Ciudades del Sistema Metropolitano*, Vice Ministerio de Planificación Urbana, Gobierno de la República de Nicaragua.
- Leeds, D.J. (1974): Catalog of Nicaraguan earthquakes. *Bull. Seism. Soc. America*, 64(4): 1135-1158.
- Peraldo, G. y Montero, W. (1999): Sismología histórica de América Central, *Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México*, Publ. n 513, 347 pp.