

CIENCIAS NATURALES

Editor: Guillermo Bendaña García

guibendana@gmail.com

Ing. Agr. M.Sc., Consultor Independiente

Teléfono: 2265 2678 (casa-oficina)

Celulares: (505)8265 2524 (Movistar)

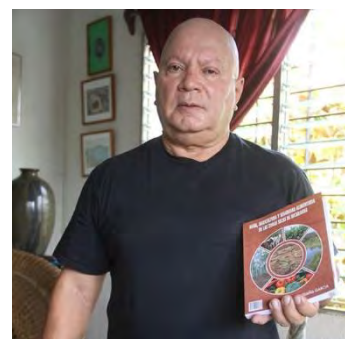
y (505) 8426 9186 (Claro)

Revisores:

Ing. M. Sc. Ramón Guevara Flores.

Tel. (505) 8701-8037

rsgflores@yahoo.com



Vamos a mantener la actual política editorial en la sección de Ciencias Naturales, que consiste en dar a conocer, desde una perspectiva académica, el mundo vegetal y animal de nuestro país (flora, fauna, flora etno-botánica útil), así como la anterior diversidad de temas abordados. El editor tiene algunos artículos escritos sobre esos temas que no he podido publicar en Nicaragua y conoce profesionales muy calificados que, como en el caso del editor, no tienen espacios para sus creaciones técnico-científicas.



Podemos incluir otros temas de mucho interés en el país como: Cambio Climático y sus afectaciones en la caficultura, en la ganadería nicaragüense, etc.; medidas de mitigación y adaptación al cambio climático; efectos de la deforestación en bosques de pinares o de

latifoliadas sobre las características físicas y químicas de los suelo; medio ambiente: ej. los humedales de San Miguelito o los manglares del Estero Real y su importancia medio-ambiental; turismo rural: ventajas, desventajas; métodos de medición de la afectación por sequía en el corredor seco; alternativas agrícolas y ganaderas en las zonas secas; seguridad alimentaria; los suelos de Nicaragua: degradación, recuperación.

Los potenciales autores y colaboradores de la sección de Ciencias Naturales pueden enviar artículos inéditos, tesis o resúmenes de tesis; si en los trabajos se utilizan mapas, gráficos, dibujos, etc., estos deben ser claros, citando siempre las fuentes. ■

Fallas en Estantería en Nicaragua

Peter C. La Femina, T.H. Dixon and W. Strauch

Traducido de Peter C. La Femina, T.H. Dixon and W. Strauch, Bookshelf faulting in Nicaragua, *Geology* 2002;30;751-754, doi: 10.1130/0091-7613(2002)030<0751:BFIN>2.0.CO;2 *Geología*; Agosto de 2002; v. 30; No. 8; pags. 751-754; 4 figuras.

Los diagramas de fallas no son parte del informe original, fueron introducidas por el Editor de RTN.

Resumen: Subducción oblicua a una alta tasa de convergencia a lo largo de gran parte de América Central. La trinchera da como resultado un movimiento de bloque paralelo a la trinchera dirigido al noroeste. El alojamiento de este se ha postulado un movimiento a lo largo de fallas dextrales de deslizamiento de deriva al noroeste; sin embargo, en Nicaragua tales fallas no están bien desarrolladas. Sugerimos en cambio que esta moción de acomodado por fallas de estantería que incluyen fallas laterales izquierdas que derivan hacia el noreste. Los datos del epicentro y mecanismo focal del terremoto actual y fractura y falla mapeadas de datos consistentes con este modelo. La migración hacia el foso del arco volcánico desde el Mioceno y la reactivación de las estructuras del Mioceno en el noreste pueden haber llevado a la velocidad de destrucción de este sistema de falla normal de arco y trinchera.

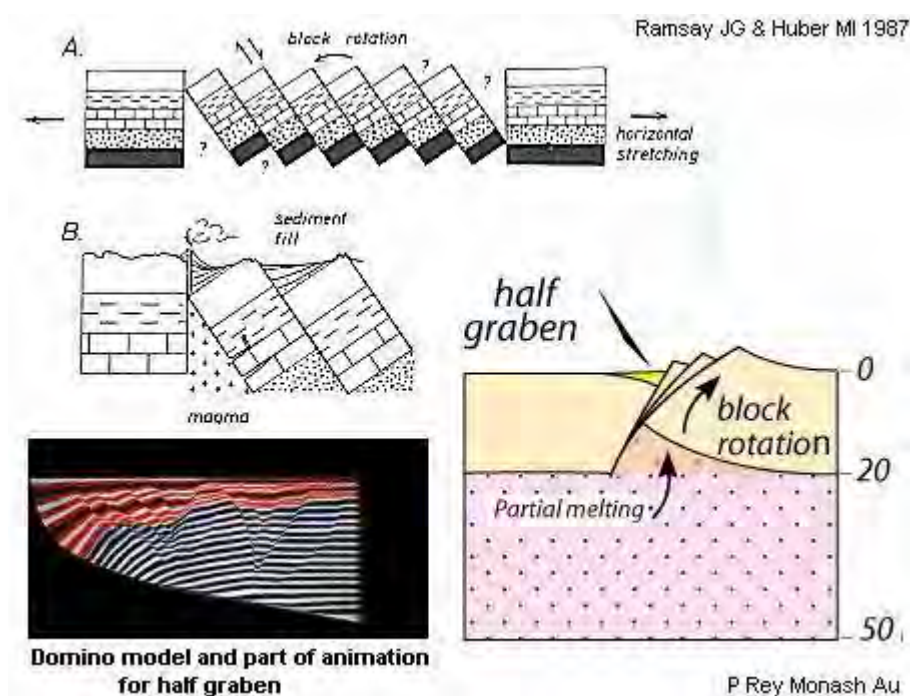
Palabras clave: fallas en estanterías, rotación de bloques, Nicaragua, neotectónica, riesgos sísmicos.

Abstract: Oblique subduction at a high rate of convergence along much of the Middle America Trench results in northwest-directed trench-parallel block motion. Accommodation of this motion along northwest-striking dextral strike-slip faults has been postulated; however, in Nicaragua such faults are not well developed. We suggest instead that this motion is accommodated by bookshelf faulting that includes northeast-striking left-lateral faults. We present earthquake epicenter and focal mechanism data and mapped fracture and fault data consistent with this model. Trench ward migration of the volcanic arc since the Pliocene and reactivation of northeast-striking Pliocene structures may have led to the development of this arc- and trench-normal fault system.

Keywords: bookshelf faulting, block rotation, Nicaragua, neotectonics, seismic hazards.

INTRODUCCIÓN

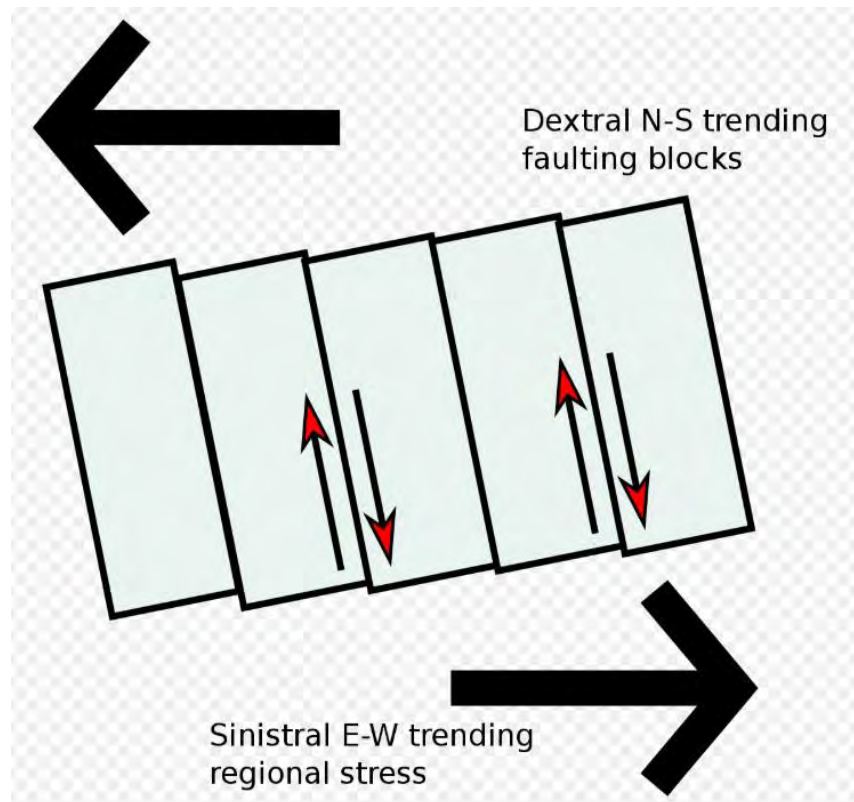
Movimiento paralelo a la zanja de bloques o astillas de la corteza en respuesta a la subducción oblicua ha sido reconocida por mucho tiempo como un aspecto importante de deformación de la corteza (Fitch, 1972; Jarrard, 1986). En general, el movimiento de estos bloques, ubicados entre la zona de subducción y el arco volcánico, es probable que sea significativo en áreas de subducción rápida y alta oblicuidad, especialmente donde el acoplamiento entre subducción y anulación las placas son altas (Beck, 1991; McCaffrey, 1992). En Centroamérica



donde la subducción actual de litografías jóvenes (menores de 25 Ma) la esfera de la placa de Cocos debajo de la placa del Caribe ocurre a lo largo de trincheras de América Central a una velocidad de 8 cm / año (Dixon, 1993; DeMetset al., 1994; DeMets, 2001), la oblicuidad varía debido a cambios en la holgura de la trinchera, desde esencialmente cero en el sur de Costa Rica a más de 15 en Nicaragua (Barckhausen et al., 2001). DeMets (2001) utilizó vectores de deslizamiento de los terremotos de la zona de subducción y un nuevo modelo para Cocos-Movimiento del Caribe para estimar el movimiento paralelo al surco del antebrazo en una tasa de 145 mm / año.

A pesar de esta tasa de movimiento relativamente alta, las estructuras de la corteza que acomodan el movimiento del antebrazo en Nicaragua siguen sin

estar claros. En Sumatra, probablemente el mejor ejemplo descrito de transporte de astilla de arco anterior, una falla importante de deslizamiento paralela a la zanja y ubicada dentro del arco volcánico térmicamente débil acomoda la mayoría de la moción las zanjas paralelas (Fitch, 1972; McCaffrey, 1992; Sieh y Natawidjaja, 2000). Sin embargo, dicho mecanismo no parece ser apropiado para Nicaragua. Mientras que los mecanismos focales de los terremotos en la corteza del antebrazo son consistentes con el movimiento lateral derecho en el golpe hacia el noroeste (es decir, zanja fallas paralelas) (Molnar y Sykes, 1969; White, 1991; Fig. 1), tales las fallas no están bien expresadas; las fallas en el noreste son más complicadas con (Carr, 1976; Carr y Stoiber, 1977). Por lo conocido de la ambigüedad en la interpretación del mecanismo focal, las últimas fallas también son coherentes con los datos del mecanismo focal, siempre que sean laterales en lugar de lateral derecho. En este artículo presentamos unos nuevos datos sísmicos recopilados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) red sísmica local, y resumimos el mecanismo focal y mapeado de datos de fracturas y fallas de la literatura. Estos datos sugieren que las fallas normales de trinchera juegan un papel importante en la acomodación movimiento paralelo-zanja del antebrazo en Nicaragua a través del eje vertical bloque de rotación. Describimos un modelo para explicar por qué tales fallas, que a primera vista parece ser



mecánicamente menos favorable, puede estar aceleradas, y discutir las implicaciones de riesgo geológico y sísmico.

NEOTECTONICA DE AMERICA CENTRAL Y NICARAGUA

La deformación del pleistoceno-holoceno en América Central incluye tres tendencias de fallas activas: fallas de deslizamiento lateral derecho N45–65W, N30–45E fallas de deslizamiento lateral izquierdo y N15W – N10E fallas normales (Carr, 1976; Weyl, 1980; Manton, 1987; Weinberg, 1992). en una zona de corte dextral estas tendencias de falla son consistentes con Reidel y cizalla anti-Reidel y extensión este-oeste, respectivamente. las fallas noroeste llamativas del lado derecho son paralelas al arco y han sido mapeado en El Salvador, Guatemala y Costa Rica (Carr, 1976; Manton, 1987; Marshall et al., 2000). Sin embargo, en Nicaragua esta tendencia de falla no está bien desarrollado y las fallas en el noreste dominan en primer plano arcos y arco (Carr, 1976; Weyl, 1980),

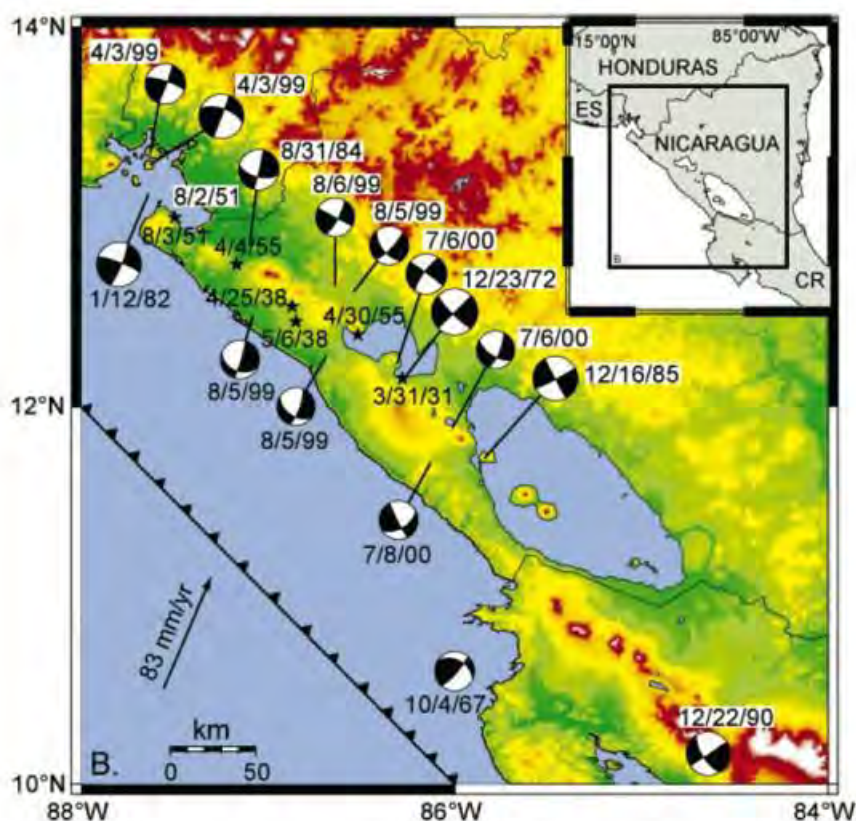


Figura 1. A: Mapa de ubicación de Nicaragua y área de estudio. B: digital modelo de elevación del oeste de Nicaragua con mecanismos focales de los terremotos de huelga antideslizante de Molnar y Sykes (1969), White (1991), y el catálogo de tensor de momento centroide de Harvard. Las estrellas marcan lo-caciones de terremotos destructivos (White y Harlow, 1993). Num-Las bers ubicadas junto a los mecanismos focales y las estrellas son fechas de eventos dado en notación mes-día-año. ES: El Salvador; CR — Costa Rica.

desplazamiento hacia el noroeste hacia la derecha fallas laterales en los arcos de El Salvador, Guatemala y Costa Rica (Carr, 1976; Marshall et al., 2000), y están asociados con el segmento rompe a lo largo del arco volcánico centroamericano (Stoiber y Carr, 1973; Carr, 1976). Las fallas aproximadamente hacia el norte muestran un desplazamiento normal a oblicuo, grabens atacados hacia el norte, como el graben de Managua (Fig. 2), y están asociados con la alineación de respiraderos volcánicos (McBirney y Williams, 1965; Weinberg, 1992). Estas las fallas acomodan 8 mm / año de extensión este-oeste en el norte de Central América (Guzman-Speziale, 2001). El desorden espacial y temporal de la contribución de los mecanismos focales y los epicentros del terremoto sugiere que las fallas activas se limitan a menos de 25 km del arco volcánico y es Los eventos sísmicos se caracterizan por el deslizamiento en múltiples planos de fallas paralelas (Brown et al., 1973; Molnar y Sykes, 1969; White, 1991; esto estudio, Figs. 1–3). Zonas de daño alargadas de terremotos históricos indican que las tres tendencias de falla están activas a lo largo del arco (Carr y Stoiber, 1977; White y Harlow, 1993).

PRUEBAS DE FALLAS IZQUIERDAS DIRIGIDAS AL NORESTE EN NICARAGUA

En Nicaragua, se han mapeado fallas en el noreste del país, el arco anterior, el arco volcánico y las regiones montañosas (Carr y Stoiber, 1977; Weyl, 1980; Weinberg, 1992; van Wyk de Vries, 1993; Cowan y col. el 3 de junio de 2010).

Mecanismos focales y distribuciones de epicentros de terremotos durante El siglo pasado se correlaciona bien con estas estructuras transversales y saltos de segmento (Molnar y Sykes, 1969; White, 1991; White y Harlow, 1993; Las figs. 1 y 4). Las fallas del Estadio y Tiscapa, fallas laterales izquierdas dirigidas al noreste llamativas ubicadas dentro del graben de Managua, rotas durante los devastadores terremotos de Managua de 1931 y 1972 (Brown et al., 1973; Ward y col., 1974; Cowan et al., 2000; Figura 2). El 1972El evento se caracterizó por una ruptura superficial a lo largo de tres fallas adicionales paralela a la falla de Tiscapa (Brown et al., 1973). Blanco y Harlow (1993) atribuyeron el terremoto del Golfo de Fonseca de 1982 como un resbalón cerca plano de falla vertical izquierdo-lateral (Figs. 1 y 2). Maldonado-Koerdell (1966) y Carr y Stoiber (1977) ambos colocaron una dirección al noreste de la falla del golfo de Fonseca. Siguiendo a van Wyk de Vries (1993), Cowan y col. (2000) mapeó La Pelona, La Paz, en dirección noreste zonas de falla Centro y Ochomogo (Figs. 3 y 4), ubicadas en los descansos en el arco volcánico; las dos últimas zonas son sísmicamente activas (Figs. 1y 3). Van Wyk de Vries (1993) sugirió el terremoto en el Lago de Nicaragua

de 1985 6.1 Mw fue causado por un deslizamiento en la zona de falla de Ochomogo (Fig. 3B).

Los terremotos en 1999 y 2000 demuestran aún más la existencia de fallas activas de deslizamiento de ruptura lateral izquierdo hacia el noreste dentro del arco volcánico. Los terremotos de 5.2 Mw y 5.1 Mw precedieron la erupción del

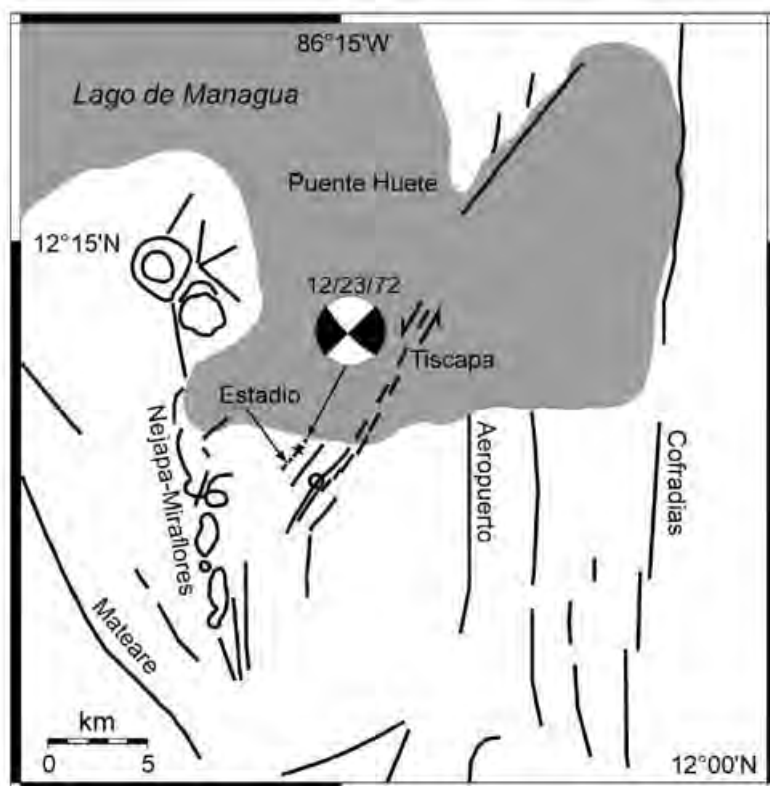


Figura 2. Mapa de fallas cuaternarias dentro de Managua graben y Nejapa-Alineación volcánica de Miraflores. Las fallas son de Brown et al. (1973) Weyl (1980) y Cowan et al. (2000) Los mecanismos focales son de White (1991) y el catálogo de tensor de momento centroide de Harvard. Negro La estrella es epicentro del 31 de marzo de 1931, terremoto.2000). Stoiber y Carr (1973) y Carr y Stoiber (1977) discutieron la segmentación del arco volcánico centroamericano a lo largo del noreste tendencias de estructuras transversales ubicadas en los escalones correctos del arco volcánico y entre complejos volcánicos. En Nicaragua, los pasos correctos en el arco están ubicados en el Golfo de Fonseca, Managua y el sureste del Lago de Nicaragua (Carr y Stoiber, 1977; Fig. 4). Estos pasos correctos pueden ser causado por variaciones laterales en la producción de magma, como resultado deflexión de la losa de subducción (Carr et al., 1982). Weinberg (1992) sugirió que las estructuras de tendencia noreste se formaron durante un periodo anterior. La fase de deformación del mioceno se ha reactivado.

Cerro Negro del 5 de agosto, 1999, por varias horas (Fig. 3A). Secuencias de réplica de estos terremotos se correlacionan bien con fallas mapeadas de la zona de falla de La Paz Centro (van Wyk de Vries, 1993; Cowan et al., 2000; Fig. 3A). Un patrón similar de epicentros sísmicos ubicados en la zona de falla de La Paz Centro fue presentado por McNutt y Harlow (1983) Terremotos 5.4 Mw y 6.0 Mw con

mecanismo focal lateral izquierdo los sismos precedieron a la erupción del Cerro Negro y al enjambre de terremotos por cuatro meses y se ubicaron en el Golfo de Fonseca (Figs. 1 y 4).

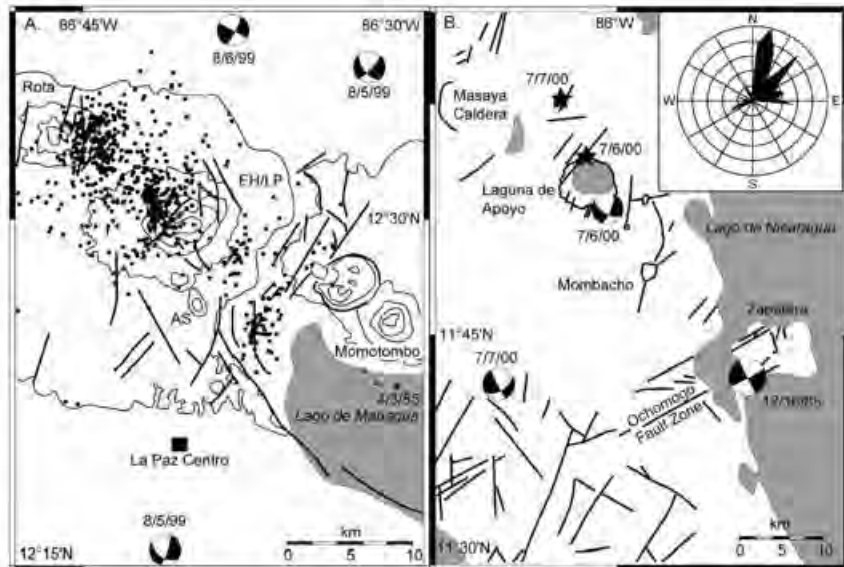


Figura 3. A: Mapa de La Paz Centro zona de falla modificada de van Wyk de Vries (1993), Cowan et al. (2000) y Badilla et al. (2001) Epicentros de terremotos entre 6 y 11 de agosto de 1999 (puntos negros; este estudio) y mecanismos focales (Tensor de momento centroide de Harvard catálogo) del 5 y 6 de agosto de 1999, terremotos, demostrar correlación relación entre sismicidad y fallas mapeadas de La Paz Centro zona de falla Volcán Cerro Negro es hexágono negro Abreviaturas: AS, Laguna de Asososca; EH / LP, El Complejo volcánico Hoyo – Las Pilas. **B:** Mapa de Masaya, Laguna de Segmentos de Apoyo y Mombacho de arco volcánico y Ochozogo zona de falla El recuadro es un diagrama de rosa de tendencias de fractura medidas después del 6 y 7 de julio de 2000, Laguna de Terremotos de Apoyo (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER], 2000). Las fallas son de Weyl (1980), INETER (2000), y Cowan et al. (2000) Negro. Las estrellas son epicentros. Mech. focal los sismos son del centroide de Harvard. Catálogo de tensor de momento.

El 6 de julio de 2000, un enjambre de terremotos causó rupturas en la superficie a lo largo varias fallas de tendencia noreste, al noroeste de la Laguna de Apoyo y este-sureste de Masaya (INETER, 2000). Los datos de fractura demuestran que las tendencias de rupturas de la superficie son consistentes con el deslizamiento a lo largo de fallas de tendencia noreste (INETER, 2000; Fig. 3B). Esta correlación espacial de mapeado de fallas y fracturas, mecanismos focales y secuelas de réplica que demuestra que la reciente sismicidad en Nicaragua ha sido causada por deslizamiento en fallas laterales izquierdas que rompen hacia el noreste normales al arco volcánico, en lugar de fallas laterales derecha-derecha paralelas al noroeste al arco.

DISCUSIÓN

La cizalla dextral dirigida hacia el noroeste debe acomodarse a lo largo del Arco volcánico de América Central (DeMets, 2001). En Guatemala y el Salvador, la acomodación del movimiento paralelo-trinchera parece colocarse tanto en fallas

laterales derecha-noroeste que rompen como en noreste fallas lateral izquierda. Sin embargo, este último compensa al primero tanto como 10 km, lo que sugiere que solo este último está actualmente activo (Carr, 1976). En Nicaragua hay poca evidencia de fallas laterales derecho que rompan al noroeste.

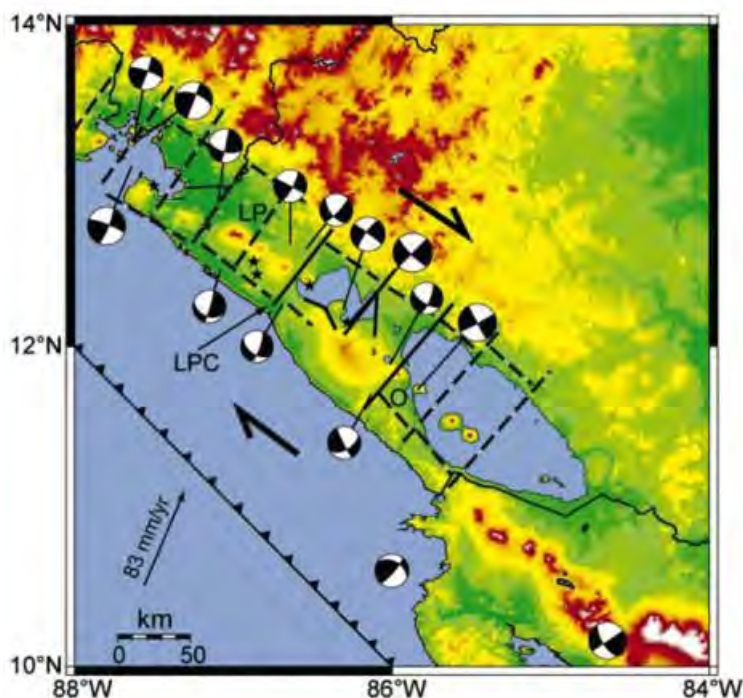


Figura 4. Representación esquemática de la falla de la estantería a lo largo de Central arco volcánico de América Central en Nicaragua. Las fallas de límite de bloque son ~~modificado de Carr y Stoiber (1977)~~. Mecanismos focales de historia. Los terremotos de deslizamiento son de Molnar y Sykes (1969), White (1991), y el catálogo de tensor de momento ~~centro~~ de Harvard. Las estrellas marcan localizaciones de terremotos destructivos (White y Harlow, 1993). Abreviatura: O: zona de falla de Ochomogo; LP: zona de falla de La Pelona; LPC—Zona de falla de La Paz Centro. El hecho de que no se observen en Nicaragua puede indicar que están oscurecidos por la reciente cubierta volcánica. Extensión este-oeste ~~dentro~~ También pueden ocurrir bloques divididos, acomodados en el noroeste-noroeste estructuras de tendencia. Por ejemplo, una tendencia norte-noroeste de 10 km fractura abierta durante el enjambre sísmico de .999 y la erupción de Cerro Negro, y la sismicidad reciente observada a lo largo de una ~~tendencia norte-noroeste falla cerca del volcán Apoyesque.~~

Sugerimos en cambio que la calibración de corte de 14 mm / año de corte dextral citado por DeMets (2001) se acomoda con errores de estantería, girando en sentido horario la rotación de bloques separados por una ruptura noreste fallas lateral izquierda (Fig. 4). Las fallas en el noroeste también pueden limitar el bloque, como es el caso en El Salvador y Guatemala (Fig. 4); sin embargo, el 3 de junio de 2010, ¿Por qué debería desarrollarse la falla de la estantería en lugar de una más Simple? ¿Falla de deslizamiento? Trenchward Migration of the Volcanic El arco y / o la reactivación de fracturas preexistentes pueden desempeñar un papel. Phipps Morgan y Kleinrock (1991) demostraron que las

fallas de los estantes son comunes en propagación de grietas, como la zona sísmica del sur de Islandia (Einarsson y Eiriksson, 1982), porque a medida que la grieta se propaga, es mecánicamente más favorable para que las fallas de la estantería se alarguen por el incremento de propagación, en lugar de cortar nueva roca intacta a lo largo de la transformación. Tal vez la migración hacia el foso del arco volcánico en Nicaragua desde el Mioceno (Weinberg, 1992; Ehrenborg, 1996) ha hecho que sea más favorable alargar o reactivar la tendencia noreste de las fallas, en lugar de formar una nueva falla de impacto noroeste paralela al arco. El sistema de fallas más meridional de San Andreas también se caracteriza por fallas de estantería entre la superposición de San Andreas y San Segmentos de falla de Jacinto. Epicentros sísmicos y mecanismos focales ubicado entre estas fallas importantes sugiere la existencia del noreste notables fallas en el estante lateral izquierdo (Nicholson et al., 1986). Las fallas laterales pueden haberse reactivado en estructuras de una fase anterior de deformación, para acomodar la cizalla dextral en sentido horario, vertical-rotación de bloque de eje (Nicholson et al., 1986). En Nicaragua, tendencias hacia el noreste que inicialmente se formaron durante un Mioceno anterior a la fase de deformación puede haberse reactivado para formar las fallas estantería (Weinberg, 1992; Ehrenborg, 1996), que en una cizalla extrazona corresponde a una tendencia de cizallamiento anti-Reidel, generalmente la menor tendencia favorable a fallas en un sistema dextral.

Daños terremotos históricos, por ejemplo, el Managua de 1931 y 1972 terremotos de, ocurrieron a lo largo de fallas laterales izquierdas del noreste, causando más de 13,000 muertes y destrucción masiva. A pesar de que estos terremotos son de menor magnitud que la interfaz de placa típica terremotos de la zona de subducción, pueden causar más destrucción y pérdida de vidas debido a la proximidad a centros de población ubicados dentro del arco y arco anterior. Terremotos recientes en El Salvador (por ejemplo, el mes de febrero 13, 2001, 6.6 Mw terremoto) también puede ubicarse en el noreste-noreste notables fallas laterales izquierdas (Hreinsdottir y Freymueller, 2001). Sísmico el 3 de junio de 2010

El análisis de peligros para Nicaragua, así como otras secciones de la Arco Central volcánico de América, debe incluir los peligros asociados con el deslizamiento fallas laterales izquierda-noreste llamativas del noreste.

EXPRESIONES DE GRATITUD

Agradecemos a Tom Gardner, Ben van der Pluijm y un lector anónimo por sus críticas reflexivas y perspicaces. También damos las gracias a Paul Mann, John Weber y Christopher Harrison por sus reflexivos debates y críticas de un manuscrito anterior. Este trabajo fue apoyado por un NASA Florida Space Concesión de becas Mr. La Femina.

REFERENCIAS CITADAS

Badilla, E., Chaves, I., Linkimer, L., Zuniga, H., and Alvarado, G.E., 2001, Fotogeología de los complejos volcánicos El Hoyo y Asososca (Nicaragua): *Revista Geológica de América Central*, v. 24, p. 79–86.

Barckhausen, U., Ranero, C.R., von Huene, R., Cande, S.C., and Roeser, H.A., 2001, Revised tectonic boundaries in the Cocos Plate off Costa Rica: Implications for the segmentation of the convergent margin and for plate tectonic models: *Journal of Geophysical Research*, v. 106, no. B9, p. 19 207–19 220.

Beck, M.E., Jr., 1991, Coastwise transport reconsidered: Lateral displacements in oblique subduction zones, and tectonic consequences: *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, v. 68, p. 1–8.

Brown, R.D., Jr., Ward, P.L., and Plafker, G., 1973, Geologic and seismologic aspects of the Managua, Nicaragua, earthquakes of December 23, 1972: U.S. Geological Survey Professional Paper 838, 34 p.

Carr, M.J., 1976, Underthrusting and Quaternary faulting in northern Central America: *Geological Society of America Bulletin*, v. 87, p. 825–828.

Carr, M.J., and Stoiber, R.E., 1977, Geological setting of some destructive earthquakes in Central America: *Geological Society of America Bulletin*, v. 88, p. 151–156.

Carr, M.J., Rose, W.I., and Stoiber, R.E., 1982, Central America, in Thorpe, R.S., ed., *Andesites*: New York, Wiley and Sons, p. 150–166.

Cowan, H., Machette, M.N., Amador, X., Morgan, K.S., Dart, R.L., and Bradley, L., 2000, Map and database of Quaternary faults in the vicinity of Managua, Nicaragua: U.S. Geological Survey Open-File Report 00-437, 15 p.

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*, v. 28, p. 4043–4046.

DeMets, C., Gordon, R.G., Argus, D.F., and Stein, S., 1994, Effect of recent revisions to the geomagnetic time scale on estimates of current plate motion: *Geophysical Research Letters*, v. 21, p. 2191–2194.

Dixon, T.H., 1993, GPS measurement of relative motion of the Cocos and Caribbean plates and strain accumulation across the middle America trench: *Geophysical Research Letters*, v. 20, p. 2167–2170.

Ehrenborg, J., 1996, A new stratigraphy for the Tertiary volcanic rocks of the Nicaraguan Highland: *Geological Society of America Bulletin*, v. 108, p. 830–842.

Einarsson, P., and Eiriksson, J., 1982, Earthquake fractures in the districts Land and Rangarvellir in the South Iceland seismic zone: *Jokull*, no. 32, p. 113–119. t

Fitch, T.J., 1972, Plate convergence, transcurrent faults, and internal deformation adjacent to Southeast Asia and western Pacific: *Journal of Geophysical Research*, v. 77, p. 4432–4460.

Guzmán-Speziale, M., 2001, Active seismic deformation in the grabens of northern Central America and its relationship to the relative motion of the North America–Caribbean plate boundary: *Tectonophysics*, v. 337, p. 39–51.

Hreinsdottir, S., and Freymueller, J.T., 2001, The 2001 January 13th Mw 7.7 and February 13th Mw 6.6 El Salvador earthquakes: Deformation and stress triggering [abs.]: *Eos (Transactions, American Geophysical Union)*.

INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), 2000, *Boletín Mensual Sismos y Volcanes de Nicaragua*, Julio, p. 29.

Jarrard, R.D., 1986, Relations among subduction parameters: *Reviews in Geophysics*, v. 24, p. 217–284.

Maldonado-Koerdell, M., 1966, Geological and geophysical studies in the Gulf of Fonseca–Nicaraguan depression area, Central America: *Canada Geological Survey Paper 66-14*, p. 220–238.

Manton, W.I., 1987, Tectonic interpretation of the morphology of Honduras: *Tectonics*, v. 6, p. 633–651.

Marshall, J.S., Fisher, D.M., and Gardner, T.W., 2000, Central Costa Rica deformed belt: Kinematics of diffuse faulting across the western Panama block: *Tectonics*, v. 19, p. 468–492.

McBirney, A.R., and Williams, H., 1965, Volcanic history of Nicaragua: *University of California Publications in Geological Sciences*, v. 55, 65 p.

McCaffrey, R., 1992, Oblique plate convergence, slip vectors, and forearc deformation: *Journal of Geophysical Research*, v. 97, no. B6, p. 8905–8915.

McNutt, S.R., and Harlow, D.H., 1983, Seismicity at Fuego, Pacaya, Izalco, and San Cristobal volcanoes, Central America, 1973–1974: *Bulletin Volcanologique*, v. 46, p. 283–297.

Molnar, P., and Sykes, L.R., 1969, Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from focal mechanisms and seismicity: Geological Society of America Bulletin, v. 80, p. 1639–1684.

Nicholson, C., Seeber, L., Williams, P., and Syles, L.R., 1986, Seismic evidence for conjugate slip and block rotation within the San Andreas fault system, southern California: Tectonics, v. 5, p. 629–648.

Phipps Morgan, J., and Kleinrock, M.C., 1991, Transform zone migration: Implications of bookshelf faulting at oceanic and Icelandic propagating ridges: Tectonics, v. 10, p. 920–935.

Sieh, K., and Natawidjaja, D., 2000, Neotectonics of the Sumatra fault: Journal of Geophysical Research, v. 105, no. B12, p. 28 295–28 326.

Stoiber, R.E., and Carr, M.J., 1973, Quaternary volcanic and tectonic segmentation of Central America: Bulletin of Volcanology, v. 37, p. 304–325.

van Wyk de Vries, B., 1993, Tectonics and magma evolution of Nicaraguan volcanic systems [Ph.D. thesis]: Milton Keynes, UK, The Open University, 328 p.

Ward, P.L., Gibbs, J., Harlow, D., and Aburto, A.Q., 1974, Aftershocks of the Managua, Nicaragua, earthquake, and the tectonic significance of the Tiscapa fault: Seismological Society of America Bulletin, v. 64, p. 1017–1029.

Weinberg, R.F., 1992, Neotectonic development of western Nicaragua: Tectonics, v. 11, p. 1010–1017.

Weyl, R., 1980, Geology of Central America: Berlin, Gebruder Borntraeger, 371 p.

White, R.A., 1991, Tectonic implications of upper-crustal seismicity in Central America, in Slemmons, D.B., et al., eds., Neotectonics of North America: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Decade of North American Geology Map, Volume 1, p. 323–338.

White, R.A., and Harlow, D.H., 1993, Destructive upper-crustal earthquakes of Central America since 1900: Seismological Society of America Bulletin, v. 38, p. 1115–1142. ●

Teatro municipal José de la Cruz Mena



La primera piedra del Teatro Municipal fue colocada en febrero de 1884. En esa ocasión, Rubén Darío leyó su poema "Del arte", dedicado a Pedro J. Alvarado, su tío, promotor de la empresa. Pero el nanciamiento dej edificio fue obra de la municipalidad que adquirió un solar por la suma de 2.000 pesos plata y contrató a su constructor: el arquitecto costarricense Luis Cruz.

Fue inaugurado al año siguiente. tenía una capacidad de 600 butacas, 48 palcos y espacio para 500 personas más en el tercer piso.

Su fachada principal combi barrocas de la colonia y la neoclásica posterior a la Independencia. Posee una armóni vanos y macizos. Sin embargo, su apariencia es muy pesada por la gran dimensión del fror principal.

Su frontis está dividido por entablamentos a dos niveles que se coronan con el enmarcado con molduras de grandes proporciones. Entre las cadenas de la esquina a adosadas que se apoyan sobre bases de apariencia maciza, dando lugar a los vanos cor punto que se enmarcan, jerarquizando la entrada por el central al complementarse con decorativos. ●