

EL TERREMOTO DE BUENAVISTA DE PEREZ ZELEDON(JULIO 3, 1983): EVIDENCIA DE UNA FUENTE SISMOGENICA INTRAPLACA DESCONOCIDA EN COSTA RICA

Ileana M. Boschini L.¹, Guillermo E. Alvarado I.¹, Wilfredo Rojas Q.²

¹Sección Sismológica e Ing. Sísmica, Instituto Costarricense de Electricidad, Apdo. 10032-1000 San José, Costa Rica, Red Sismológica Nacional.

²Escuela Centroamericana de Geología, Apdo. 35, Ciudad Universitaria, San José, Costa Rica, Red Sismológica Nacional.

ABSTRACT

Seismological and neotectonic aspects of the Buenavista fault that generated the earthquake of the same name (July 3, 1983; $h = 14$ km $m_b = 5.7$ and $M_s = 6.1$) are analyzed. This earthquake affected an area of 400 km^2 corresponding to the zone surrounded by the VIII isosists (MM) in the northern region of San Isidro del General, Costa Rica.

RESUMEN

El día 3 de julio de 1983 a las 16:13.43 (GMT) ocurrió un temblor precursor ($m_b = 5.1$) seguido, 40 segundos después, por el temblor principal ($m_b = 5.7$ y $M_s = 6.1$) que afectó a la región norte de San Isidro del General, Pérez Zeledón, en una extensión aproximada de 400 Km^2 , donde causó daños a pequeñas edificaciones, a la Carretera Interamericana y a los caminos vecinales. Ambos eventos telúricos poseen un foco superficial ($h = 14 \text{ Km}$) e intensidades de grado VIII en el área mesosísmica, de ahí que afectaron fuertemente a esta región, en la cual predominan las laderas de fuerte pendiente y suelos residuales, desarrollados sobre rocas sedimentarias Terciarias y rocas ígneas Neógenas. Dada la ocurrencia del sismo precursor, la población se alertó y solo se dio una pérdida humana, aunque sí hubo cientos de damnificados, daños materiales y gran cantidad de deslizamientos. Definimos la falla Buenavista como la responsable del terremoto del mismo nombre, siendo una zona de desgarre con rumbo N12W, deslizamiento dextral con una componente vertical y una longitud mínima de 30 km.

INTRODUCCION

El arco magmático de Costa Rica es el resultado de la paulatina evolución cortical de la corteza oceánica, a causa del proceso de la subducción de la placa del Coco bajo la placa Caribe, lo cual culminó con la formación de una cadena orogénica, petrológicamente similar a las rocas de los márgenes continentales activos tipo Andino. Dentro de él, se logran reconocer las cordilleras volcánicas activas de Guanacaste y Central, y las cordilleras de Tilarán y Talamanca, en donde predominan las rocas ígneas Neógenas; además en esta última

se presentan rocas sedimentarias volcánicas y calcáreas del Terciario y sedimentos molásicos del Plio-Cuaternario.

La cordillera de Talamanca se ubica en la parte meridional de Costa Rica; siendo el cuerpo montañoso más alto de América Central austral, con alturas medias sobre los 2500 m, en donde en el pasado se dieron fenómenos glaciares (Cerro Chirripó, 3820 m.s.n.m. y Kámuk, 3554 m.s.n.m). Las laderas son de fuerte pendiente con suelos residuales desarrollados sobre rocas sedimentarias e ígneas (principalmente Miocenas), por lo que son muy inestables (Dengo, 1962; Weyl, 1980).

CARACTERISTICAS DEL SISMO

El día 3 de julio de 1983 a las 16:13:43 (GMT) ocurrió un temblor precursor ($m_b=5.1$), seguido 40 segundos después por el temblor principal ($m_b= 5.7$ y $M_s= 6.1$), afectando la región de Buenavista, al norte de San Isidro del General. Pérez Zeledón (Fig. 1), donde se reportaron intensidades entre VIII y IX (MM) en un área mesosísmica de aproximadamente 400 Km², aunque el área más afectada fue de 250 Km² (Leandro et al., 1983; Morales y Leandro, 1985; Morales, 1987).

El temblor precursor fue localizado por la Red Sismológica Nacional de Costa Rica (RSN) en las coordenadas 9°29' de latitud norte y 83° 40.5' de longitud oeste, aproximadamente a 14 Km al norte de San Isidro del General y a una profundidad de 14 Km. El evento principal no pudo ser localizado por la RSN, pues la señal sísmica se traslapó sobre la del evento precursor, imposibilitando la lectura de los arribos de la onda P en todas las estaciones. En los primeros meses después del terremoto, algunas réplicas llegaron a causar intensidades de hasta V MM y las magnitudes no superaron los 4.5 (M_D).

En este estudio, se analizan 60 réplicas que fueron registradas por las estaciones de la RSN durante las primeras diez horas posteriores al sismo principal; utilizando como criterio de selección que el sismo estuviera registrado en la estación San José (SJS), la cual está ubicada a 63 Km de la zona epicentral. El análisis de las soluciones de plano nodal obtenidas para estos sismos, evidencian un mecanismo de ruptura de desplazamiento de rumbo con una ligera componente vertical, cuyos planos nodales poseen los siguientes rumbos y buzamientos : N29W, 78SW y N71E, 50 NW (Fig. 2). El rango de profundidad de la ruptura se sitúa entre 0.25 y 22 km, preferencialmente inferior a los 10 km (Fig. 3a)

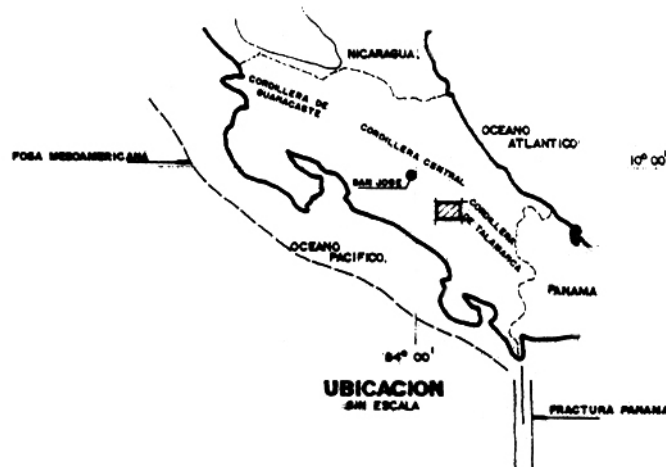
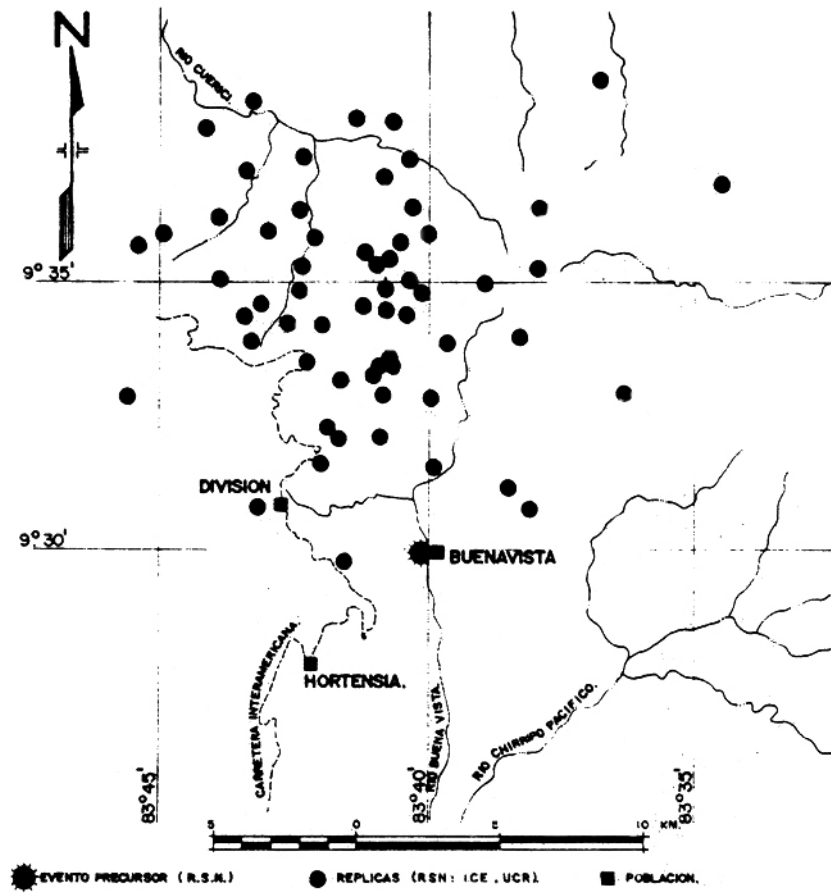


Fig. 1. Réplicas del terremoto de Buenvista (durante las primeras 10 horas posteriores).

En el Earthquake Data Report del NEIS se informa de un mecanismo de falla normal, con una gran componente dextral, para el sismo principal. Los planos nodales obtenidos son : el primero N5E con un buzamiento de 83SE y el otro N90E con 5° de buzamiento. Climent (1985), en el estudio sismológico del proyecto hidroeléctrico Gu (ICE), realizó un mecanismo focal para las réplicas registradas por una red de sismógrafos portátiles, ubicados aproximadamente 40 Km al NE de la zona epicentral, obteniendo un mecanismo de ruptura de desplazamiento de rumbo dextral con los siguientes planos nodales: N6W, 84NE y N90E, 85 NE. Recientemente, Güendel (1986) obtuvo un mecanismo focal de desplazamiento de rumbo con componente normal, para el evento principal, con los siguientes planos nodales N28W y N54E.

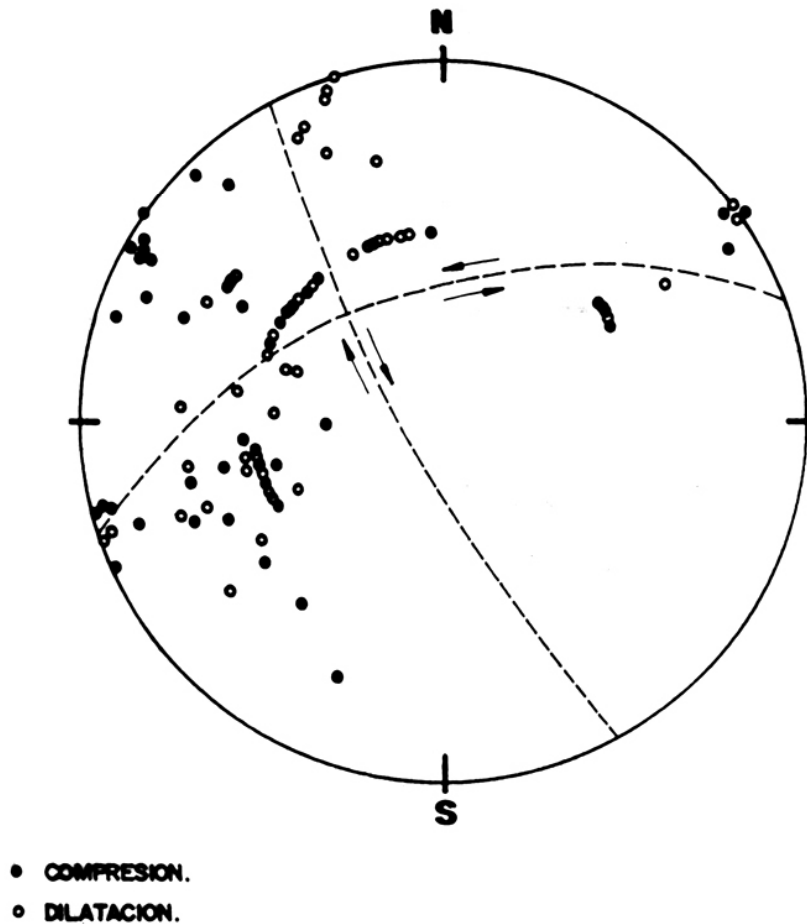


Fig. 2. Mecanismo focal compuesto de las réplicas del terremoto de Buenavista.

Los temblores réplicas principales, que han ocurrido entre 1984 y 1987, se agrupan preferencialmente dentro de un área elipsoidal, cuyo eje mayor se orienta aproximadamente N5W (Fig. 3b). El área que abarcan estos sismos en superficie es de por lo menos 276 Km². Las isosistas del terremoto que presenta Morales (1987) se orientan, igualmente, en sentido NNW.

Dado que en 1983 aún no se contaba con suficientes acelerógrafos en el país, sólo se cuenta con un acelerograma registrado a 65 Km del epicentro, en el edificio del Instituto Nacional de Seguros en la capital San José, en el cual se midió, preliminarmente, una aceleración de 7% de g. Por ello, para tener una idea de las aceleraciones máximas en el área mesosísmica, se recurrió a las fórmulas empíricas de Esteva y Villaverde (1973) y Campbell (1981), que relacionan los diferentes parámetros sísmicos (magnitud, profundidad, distancias hipocentral y epicentral, intensidad, etc.) y con las cuales se obtuvieron aceleraciones de 25% y 36% de la gravedad, respectivamente. Según la tabla de Sauter (1986) para Costa Rica, intensidades MM de VIII originan aceleraciones que varían entre 20% y 35% de la gravedad.

La ocurrencia de este terremoto puso en evidencia una fuente sismogénica desapercibida hasta ese momento, en un área que se consideraba de bajo potencial sísmico (del tipo intraplaca), por la escasa actividad que presentaba. Esta región comenzó a ser colonizada plenamente en la primera mitad del siglo XX, por lo cual no se puede establecer, ni siquiera aproximadamente, un posible período de recurrencia para esta fuente pues no existen crónicas que mencionen eventos sísmicos en esta zona, ni en tiempos de la Colonia ni en época ya Republicana.

RASGOS NEOTECTONICOS EN EL AREA MESOSISMICA

Geomorfológicamente, el río Buenavista discurre por un angosto valle de falla asimétrico, de rumbo general N10W, con laderas de moderada pendiente en su vertiente oeste (usualmente entre 8° y 17°) y más fuertes en el este (18° a 26°), desarrollados sobre facetas triangulares de diferentes tamaños y grado de disección o conservación; las del este son más grandes y fácilmente observables en las fotografías infrarrojas (1:80.000), mientras que las del oeste son relativamente pequeñas y se observan en forma clara tanto en el campo como en las tomas aéreas blanco y negro (1:30.000). Por lo menos cuatro

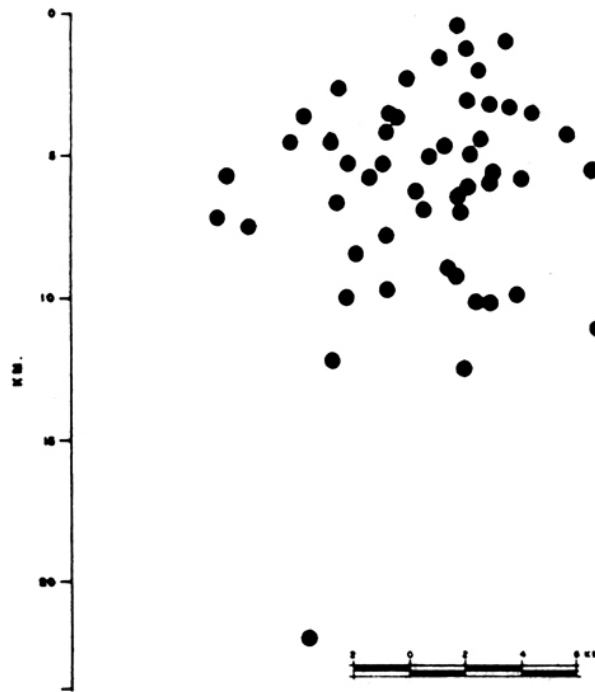


Fig. 3a. Perfil orientado N90E de las réplicas de las 10 primeras horas posteriores al evento principal.

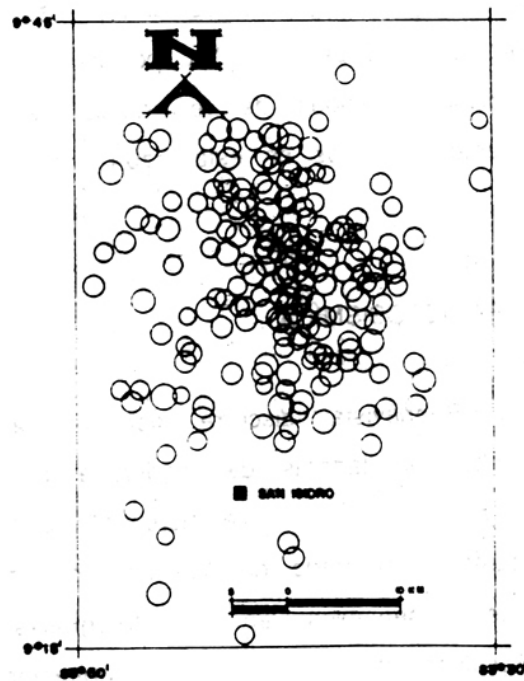


Fig. 3b. Mapa de epicentros de las réplicas registradas por la RSN de 1984 a 1986.

diferentes niveles de terrazas torrenciales se observan tanto en el río Buenavista como en el Chirripó Pacífico; sin embargo, en ambos, no se evidencian signos de deformación tectónica. Pese a ello, en el margen derecho de la quebrada Hilario, se distingue claramente una terraza cuyos materiales están colgados unos 60 m con respecto al nivel del río Buenavista y 40 m sobre el nivel de la terraza inferior. Todos estos factores atestiguan levantamientos verticales diferenciales de los bloques tectónicos a ambos lados de la falla propuesta (Fig. 4).

El trazo de la falla Buenavista es ligeramente curvilíneo y algo sinuoso, lo cual ha dado origen a pequeñas cuencas de tracción y a posibles lomos de compresión como, por ejemplo, el ubicado cerca de la desembocadura de la quebrada Nino Arias. En fin, la falla se observa en las fotografías aéreas a lo largo de 11Km, entre las poblaciones Rivas y La Piedra. Las evidencias sismológicas indican que el área de ruptura se extiende 19 Km más al norte de La Piedra. Por otro lado, no tenemos por el momento argumentos suficientes para delimitar o establecer su continuidad hacia el sur de Rivas, tal y como parecen sugerirlo algunos rasgos topográficos. Esta es la única megafalla evidente con rasgos neotectónicos, en un área de varios cientos de kilómetros cuadrados dentro de la zona mesosísmica.

EFFECTOS GEOLOGICOS Y CIVILES

La zona mesosísmica está comprendida en un área de topografía abrupta con pendientes entre 15° y 50° y ríos de cauce profundo, que en algunas partes se han deforestado para dedicar la tierra a actividades poco aptas para el tipo de suelo y morfología predominantes. Debido a ello el principal problema que se dio, como consecuencia del temblor, fue la gran cantidad de deslizamientos generados, donde el material removido sobrepasa los $5 \times 10^6 \text{m}^3$ (Leandro et al., 1983). Gran parte de la Carretera Interamericana (Km 110 a 119) fue afectada por los deslizamientos, así como la red de caminos secundarios y las márgenes de los ríos, creando la amenaza de que se produjeran avalanchas que pudieron haber creado y afectado las poblaciones ubicadas en las partes bajas y el acueducto de San Isidro; afortunadamente la amenaza pasó sin mayores consecuencias.

Serios daños se produjeron en viviendas, escuelas e iglesias. De más de 600 casas inspeccionadas, el 40% podían ser utilizadas de inmediato, el 46% se hallaban inhabitables

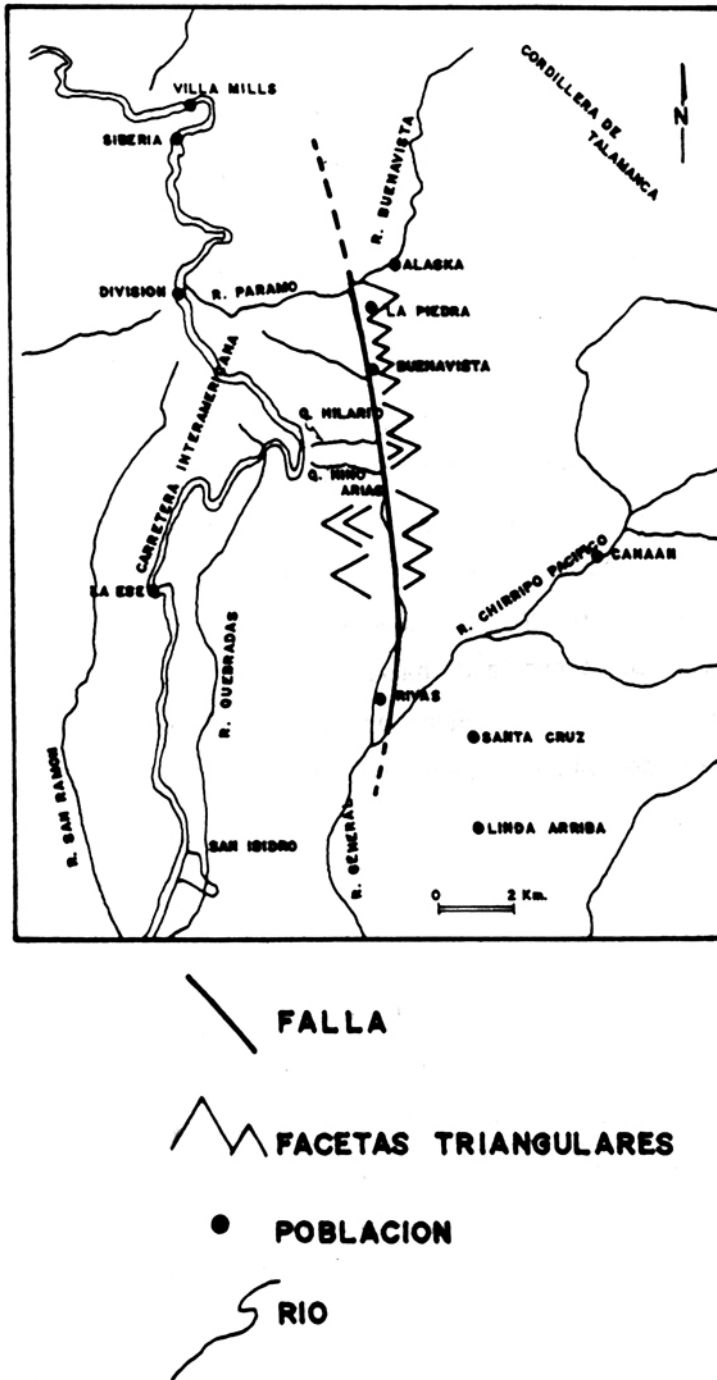


Fig. 4. Grandes rasgos morfotectónicos de la Falla Buenavista.

y el 14% requerían algún tipo de reparación (Leandro et al.,1983). Los daños se debieron, principalmente, a defectos constructivos, utilización de materiales de baja calidad y cimentaciones deficientes, así como por estar ubicadas las edificaciones en las laderas. Un aula de la escuela de Siberia fue destruida al caerle bloques de hasta 0.5 m³ sobre el techo y una pared, debido a que por falta de previsión, la escuela fue construida sobre un coluvio rocoso al pie de una ladera de fuerte pendiente. Los pueblos mayormente afectados, con intensidades MM entre VII y VIII e incluso hasta IX, fueron: Alaska, La Piedra, Buenavista, San Juan Norte, Pueblo Nuevo, División, El Jardín, La Hortensia, Palmital, Altamira, Herradura, Salitral, etc. (Leandro et al.,1983). En San Isidro, ubicado unos 14 Km al sur del área epicentral, se rompieron algunas cañerías en varios puntos. El hospital, por estar ubicado sobre un relleno aluvial que amplificó la sacudida sísmica, debió ser parcialmente evacuado, complicando aún más la situación de emergencia. Gracias a la ocurrencia del sismo precursor, la población se alertó e hizo abandono de sus casas y, por lo tanto, sólo se dió una muerte y muy pocos heridos. Cientos de damnificados fueron instalados en San Isidro y Rivas (Morales y Leandro, 1985; Morales, 1987).

CONCLUSIONES

Una fuente sismogénica intraplaca, desconocida hasta ese momento, se puso en evidencia con la ocurrencia del terremoto de Buenavista el 3 de julio de 1983 (Ms= 6.1, h= 14 Km) afectando un área reducida de las estribaciones del lado Pacífico de la cordillera de Talamanca, al norte de San Isidro del General, Pérez Zeledón. Los principales daños se produjeron en pequeñas edificaciones, la Carretera Interamericana y los caminos vecinales.

Definimos la falla Buenavista como la responsable del terremoto del mismo nombre. Se trata de una falla prácticamente vertical, subcurvilínea con un rumbo promedio de N12W* y un desplazamiento de rumbo dextral; su longitud mínima es de 30 Km. Puesto que el área de ruptura se ubicó entre las nacientes del río Pacuare y el poblado de Buenavista, en el extremo norte de la falla, se puede suponer que el próximo desgarre será al sur de este sector. Desconocemos el período de recurrencia de esta fuente, pero consideramos que debe

* En profundidad, es posible que el rumbo de la falla sea más hacia el oeste, tal y como se desprende de los mecansimos focales de GUENDEL (1986) y de las primeras réplicas (en este trabajo).

poseer un importante historial sísmológico, a juzgar por los rasgos morfotectónicos.

La aceleración máxima en la región epicentral, del temblor de Buenavista, se estimó entre 20% y 36% de g, basándose en diversas relaciones empíricas.

Costa Rica, así como la cadena Andina en Suramérica, posee cordilleras levantadas sobre los 2000 m en épocas relativamente recientes y aún en proceso geodinámico activo, por lo cual no sólo son propensas a la generación de deslizamientos, avalanchas y lahares por su alta tasa de sismicidad y vulcanismo, sino también por la inestabilidad inherente de sus laderas, sumado a la considerable precipitación pluvial y mal uso de la tierra, tal y como lo evidencian las recientes catástrofes y emergencias en Chile, Perú, Ecuador, Colombia, Costa Rica y Guatemala. Lo anterior constituye un peligro geológico al cual se debe prestar mayor atención, aún en regiones de quietud intratelúrica aparente, pero que pueden estar sujetas a inestabilidad de laderas y a inundaciones.

Las experiencias sísmológicas acumuladas por la Sección de Sismología e Ingeniería Sísmica del ICE y por la Sección de Sismología, Vulcanología y Exploración Geofísica de la UCR por espacio de 15 años, evidencian que fallas con áreas mesosísmicas reducidas, las cuales se reconocen como generadoras de varios terremotos históricos, muestran períodos de quietud sísmica relativa apenas una 'decena' de años después del evento principal o, a lo sumo enjambres aislados de temblores. Lo anterior nos conduce a que no sólo se requiere de estudios instrumentales, sino que también se debe ahondar en los estudios de sismicidad histórica y de paleosismicidad, con apoyo en los métodos de la neotectónica, en la búsqueda de nuevas fallas, en posible correspondencia con fuentes sísmogénicas desconocidas y potencialmente peligrosas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo logístico ofrecido por el Departamento de Geología del ICE. El presente trabajo fue expuesto el día 27 de noviembre de 1987, en el Taller Internacional de Sismología y Tectónica de Mesoamérica y el Caribe (San José, Costa Rica), organizado por el CIGEFI (UCR).

BIBLIOGRAFIA

Campbell, K.W., 1981: Near-source attenuation of peak horizontal acceleration.- Bull. Seism. Soc. Am., 71 (6): 2039-2070.

- Climent, A., 1985: Informe sismológico para la etapa de prefactibilidad del P!H. Guayabo.- 31 págs., Inf. Interno Depto. Geología, Instituto Costarricense de Electricidad.
- Dengo, G., 1962: Tectonic-igneous sequence in Costa Rica.- En: Petrologic Studies; A.F. Buddington, Volume Geol. Soc. Amer.; 133-161.
- Esteva, L. & Villaverde, 1973: Seismic risk, design spectra and structural reability.- 5th. World Conference on Earthquake Engineering Proc., Roma, 2: 2586-2596.
- Güendell, F.D., 1986: Seismotectonics of Costa Rica: An analytical view of the southern terminus of the Middle America Trench.- 157 págs., University of California, Santa Cruz.
- Leandro, G., Leon, C., Avila, M., Fernández, A., Elizondo, J., Montalto, F., Chavez, R. & Obando, J., 1983: Informe geológico sismológico, San Isidro de Pérez Zeledón y alrededores. Evaluación sismo 3 de julio.- 56 págs., Instituto Costarricense de Electricidad; Universidad de Costa Rica; Refinadora Costarricense de Petróleo; Ministerio de Industria, Energía y Minas; San José, Costa Rica.
- Morales, L.D., 1987: Zonificación geográfica de la sismicidad de Costa Rica y la crisis sísmica del año 1983.- Geoistmo, 1 (1): 33-50.
- Morales, L.D. & Leandro, G., 1985: Riesgos geológicos asociados al terremoto de Buenavista, Pérez Zeledón.- 19 págs., 3er Sem. Nac. de Geotecnia 28-29 nov. 1985, San José, Costa Rica.
- Sauter, F., 1985: El riesgo sísmico en la perspectiva del consultor.- Rev. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, 28 (3): 30-39.
- Weyl, R., 1980: Geology of Central America.- 371 págs., Gebrüder, Borntraeger, Berlin.