

Sismicidad y Fallamiento en la zona de Arenal-Miramar

Mario Fernández Arce

Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI)
Universidad de Costa Rica y Red Sismológica Nacional

Wilfredo Rojas Quesada

Escuela Centroamericana de Geología
Universidad de Costa Rica y Red Sismológica Nacional

Waldo Taylor Castillo

Instituto Costarricense de Electricidad y Red Sismológica Nacional

Ivonne Arroyo

Escuela Centroamericana de Geología
Universidad de Costa Rica

Abstract: A review of the local tectonic frame was made, focusing on the faulting of The Tilaran Ridge and Montes de Aguacate. On a map of faults we plot historic and recent seismicity which was taken from ROJAS (1993) and data bases of The National Seismological Network (RSN: ICE-UCR) and The Arenal Seismic Network (ICE). We verified that there is active faulting both north and south of Arenal Lake. The main faults with associated seismic activity are Jamaical, Esperanza, Cote-Arenal, Caas, those of a system parallel to Arenal Lake and those toward north-northeast of Esparza. In the area tow large historic earthquakes have occurred, one of wich killed 23 people.

Subject headings: Local tectonic frame, Tilaran Ridge and Montes de Aguacate, main faults

Resumen: Se realizó una revisión de los trabajos que existen sobre tectónica a nivel local, analizando las diversas fallas documentadas en el rea de las estribaciones montaosas correspondientes a la Cordillera de Tilarán y a los Montes del Aguacate. Sobre un mapa de fallas se graficó la sismicidad extraída de las bases de la Red Sismológica Nacional (RSN: ICE-UCR), del catálogo y del Observatorio Sismológico del Volcán Arenal (OSIVAM-ICE). Se comprueba que hay fallamiento activo en la zona tanto al norte como al sur del embalse de Arenal y las principales fallas con actividad sísmica asociada son: Jamaical, Esperanza, Cote-Arenal, Cañas, un sistema al norte del embalse de orientación noroeste y otro al naorte de Esparza. En esta área sísmica han ocurrido dos grandes sismos históricos uno de los cuales causó la muerte de 23 personas.

Descriptores: Marco tectónico local, Montes de Tilarán y del Aguacate, fallas principales

1. Introducción

Entre la Cordillera Volcánica Central y la Cordillera de Guanacaste se han instalado un conjunto de cerros con orientación noroeste-sureste que se han denominado Sierra de Tilarán (fig. 1) en el sector noroeste y Montes de Aguacate en el sureste; este ltimo es rico en depósitos auríferos que han sido explotados desde hace dos siglos y aún siguen siendo explotados.

En la actualidad es una zona de poca actividad volcánica que comienza donde terminan los volcanes de la Cordillera Volcánica Central y termina en las cercanías del Volcán Arenal que es la única estructura volcánica reciente dentro de la zona, aunque por su ubicación corresponde más con el área trasarco que con el arco volcánico. No obstante, en el pasado el vulcanismo parece haber sido profuso allí, ya que la mayoría de las rocas aflorantes son volcánicas.

A pesar de que esta región se encuentra en el arco interno y frente a zonas sísmicas tan activas como la del Golfo de Nicoya, no se ha detectado un alto nivel de sismicidad en ella durante el período de operación de la Red Sismológica Nacional (RSN: ICE-UCR). Pero no obstante, se han registrado eventos superficiales relacionados con el fallamiento de la zona y dos importantes sismos históricos:

El Terremoto de Guatuso que ocurrió el 10 de octubre de 1911 y el Terremoto de Tilarán que en 1973 sacudió violentamente la zona provocando 23 muertes. La ocurrencia de estos temblores indican la presencia de esfuerzos tectónicos que desestabilizan las fallas y generan la sismicidad observada. Ello merece un análisis sismotectónico de este sector del país a fin de estudiar con mayor precisión las fuentes sísmicas y definir las fallas con actividad sísmica en el presente, lo cual es importante para diseñar las futuras obras civiles de la zona, con el factor de seguridad adecuado.

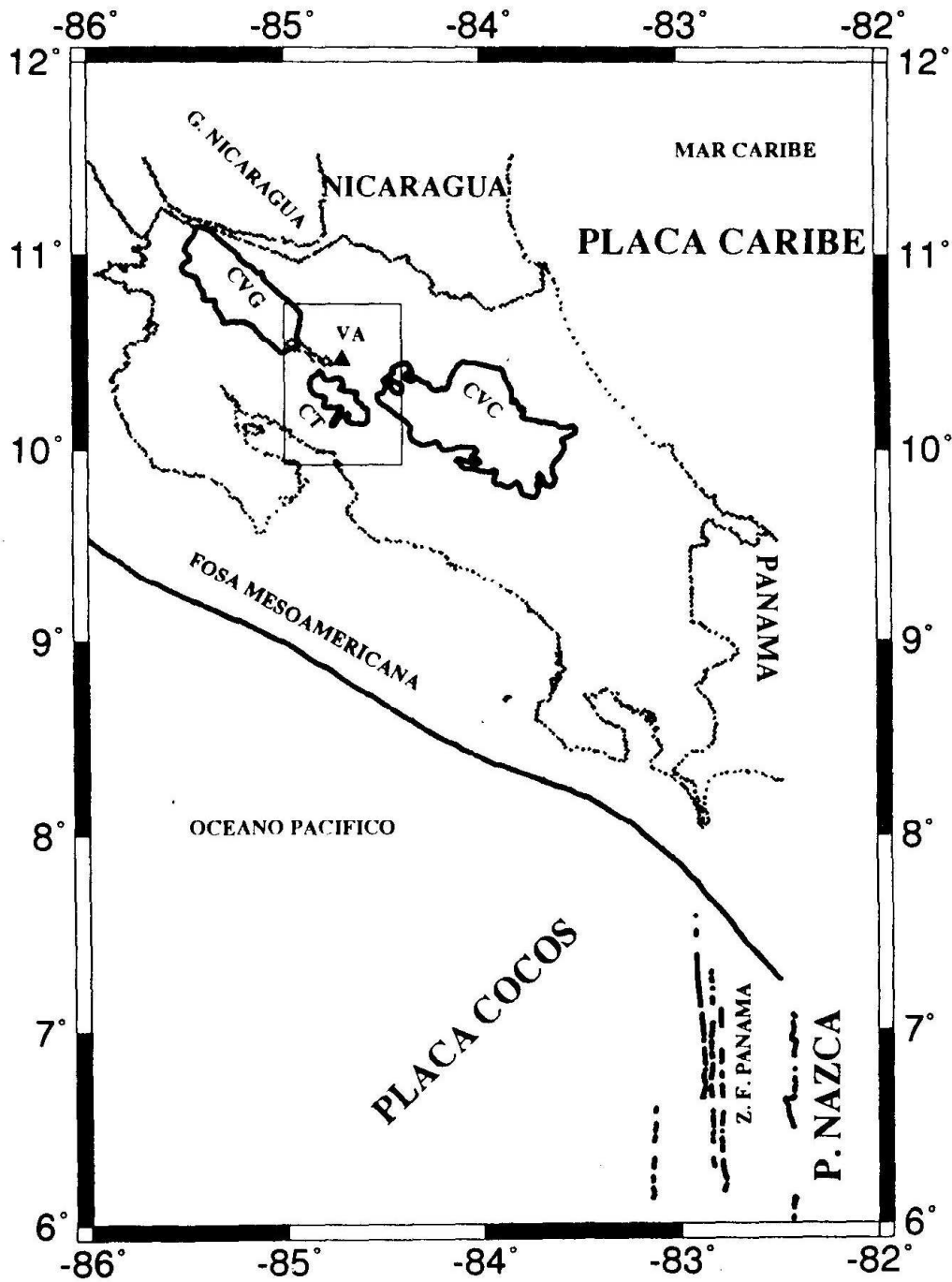


Figura 1: Marco Tectónico y área de estudio. La tectónica que afecta a Costa Rica es gobernada por la interacción de las placas Cocos, Caribe y Nazca. El límite entre Cocos y Caribe es la Fosa Mesoamericana y entre Cocos y Nazca La Zona de Fractura de Panamá. En el recuadro se indica el área de estudio. CVG: Cordillera Volcánica Central, VA: Volcn Arenal, G: graben y ZF: zona de fractura.

2. Datos y Método

Se realizó una revisión de los trabajos que existen sobre tectónica a nivel local (PLAFKER (1973), WEYL (1950), SANDOVAL et al., (en preparación, 1996), BARQUERO et al. (1991a), FALLAS (en preparación, 1997). Las fallas se tomaron fundamentalmente de MADRIGAL ET AL., (1995) y de la Hoja Geológica San José, escala 1:200.000, editada por el Instituto Geográfico Nacional. La sismicidad histórica se extrajo del catálogo de ROJAS (1993), de TRISTAN (1912) y PLAFKER (1973). La sismicidad reciente se obtuvo de las bases de datos de la Red Sismológica Nacional (RSN: ICE-UCR) y del Observatorio Sismológico de Volcán Arenal (OSIVAM - ICE).

Se analizó la sismicidad ocurrida en tiempos históricos y recientes, comparando su distribución espacial con la distribución de fallas a fin de seleccionar y determinar las fuentes sísmicas activas de la zona.

3. Fallamiento

Al igual que en otros sectores del país, el fallamiento aquí es de dos tendencias predominantes: una tendencia noreste y otra noroeste. En términos generales se trata de fallas de longitud variable entre los 10 y 20 km.

En el norte destaca el fallamiento de orientación noroeste, hay un sistema de fallas paralelas al Embalse de Arenal en el que sobresalen las fallas Cote-Arenal (ALVARADO et al. 1988) al norte del lago y Chiripa (MATUMOTO Y LATHAN, 1976) al sur del mismo. Otras fallas relevantes cercanas al Embalse de Arenal son la Falla de Cañas que atraviesa a 5 km al suroeste de Chiripa en sentido noroeste-sureste paralelamente al río del mismo nombre (Hoja Topográfica Tilarán, escala 1:50000), la Falla Río Chiquito que pasa por Río Chiquito en dirección noreste.

Hacia el centro del área, al este de Las Juntas de Abangares, se encuentra un conjunto de fallas muy bien definido y de orientación noreste, excepto por la Falla Arancibia que es de rumbo casi norte-sur; fallas importantes de este sistema son San Luis, Esperanza (FE), San Lorenzo, Cataratilla y Jamaical, esta última la más larga de todas aquellas referidas en este párrafo.

Al sur se ubican pequeñas fallas de orientación norte-sur y noreste. El sistema más importante dentro de este subconjunto de fallas, es aquel localizado al nor-noroeste de Esparza. Estas corresponden con lineamientos de ríos cuyos nombres se han utilizado para denominar las fallas. Al noreste de Esparza el Río Barranca (Hoja Topográfica Barranca, HTB, escala 1:50000) cambia de rumbo noroeste a rumbo sureste y de esta forma queda alineado con el Río Potrerillo (HTB) que es uno de sus afluentes; esto podría sugerir la presencia de una falla que incluiría los segmentos rectos de ambos ríos. Madrigal (1970) denominó el alineamiento mencionado Falla Barranca e indica que se hace notoria al observar la interrupción en la secuencia de los sedimentos a uno y otro lado del puente sobre la carretera interamericana.

Según DENGGO (1962) y WEYL (1980), la faja aurífera que comprende la Cordillera de Tilarán y Miramar, se localiza dentro del arco interno, donde las zonas de mineralización están limitadas por fallas normales de alto ángulo con dirección NW, las que forman el Horst de la Cordillera de Tilarán.

4. Sismicidad

4.1. Sismicidad Histórica

Se tienen reportes de temblores de la zona desde 1853 (ROJAS,1993). MIYAMURA (1980) menciona un enjambre de temblores que ocurrió en las cercanías de la Fortuna entre el 15 y el 20 de setiembre de 1962. Estos reportes indican que desde hace bastante tiempo han habido fuentes sísmicas activas en la zona, las cuales representan un peligro para la población y para la infraestructura de la región. Los temblores más fuertes que se han registrado en el área de estudio en los dos últimos siglos son: un terremoto en 1853, el Terremoto de Guatuso (o de la Laguna Cote) y el Terremoto de Tilarán.

El terremoto de 1853 ocurrió el 24 de agosto. Segn GONZALES (1910), produjo daños importantes en Cañas. MONTERO (1986) indica que este evento es intraplaca y le asigna magnitud entre 5,0 y 5,9; además estima que la intensidad del temblor en Cañas fue VIII y que la profundidad es de 10 Km aproximadamente.

El Terremoto de la Laguna Cote (fig. 2) ocurrió el 10 de octubre de 1911, su magnitud fue 6,3 Ms y provocó daños en los alrededores de esa laguna (ROJAS, 1993). El sismo fue precedido por retumbos y se sintió fuertemente en toda la zona norte del país en donde los principales daños fueron: deslizamientos, árboles arrancados de raíz, ranchos doblados y muchas grietas; de acuerdo al área de daños el epicentro se ubicó al centro de la zona comprendida entre el Volcán Tenorio al norte, la Laguna del Arenal al sur, la Cordillera de Tilarán al oeste y la cabecera del Río Frío al Este (TRISTAN, 1911). De acuerdo a la ubicación macrosísmica de este evento, el mismo se habría originado en una de las fallas de orientación noroeste, localizadas al norte del actual embalse de Arenal.

En 1973 hubo una secuencia de temblores en el Graben del Arenal que se inició con el Terremoto de Tilarán (o Terremoto de Río Chiquito), en abril de este año. La magnitud de este evento fue 6,5 Ms. Gran número de réplicas sobrevinieron después del evento principal, varias de ellas con magnitudes entre 4,0 a 5,5 que provocaron caída de objetos desde estantes, ventanas y paredes; esta actividad se prolongó por varias semanas después del evento principal. Dicho temblor se localizó en el borde sur del graben y se sintió tan fuerte que era difícil mantenerse en pie durante la sacudida, constituyéndose así en el temblor más severo que ha afectado la Laguna de Arenal en los últimos tiempos (PLAFKER, 1973). El mecanismo focal fue transcurrente de desplazamiento dextral muy vertical, con el plano de falla orientado N30W (MATUMOTO et al., 1978). Este temblor produjo un esfuerzo comprensivo horizontal máximo de rumbo similar a la dirección de convergencia de las placas Cocos y Caribe (MONTERO Y MORALES, 1990). Matumoto y lathan (1976) indican que la Falla Chiripa fue la que causó este temblor y esto es apoyado por la elongación del área de daños (PLAFKER, 1973), los datos del mecanismo focal y el área de distribución de réplicas, PLAFKER (1973) no encontró evidencia de desplazamientos en superficie.

La explosión del Volcán Arenal en 1968, generó un temblor de magnitud 5,0 e intensidad VI en los alrededores del volcán; fue sentido levemente en Tilarán (ROJAS, 1993).

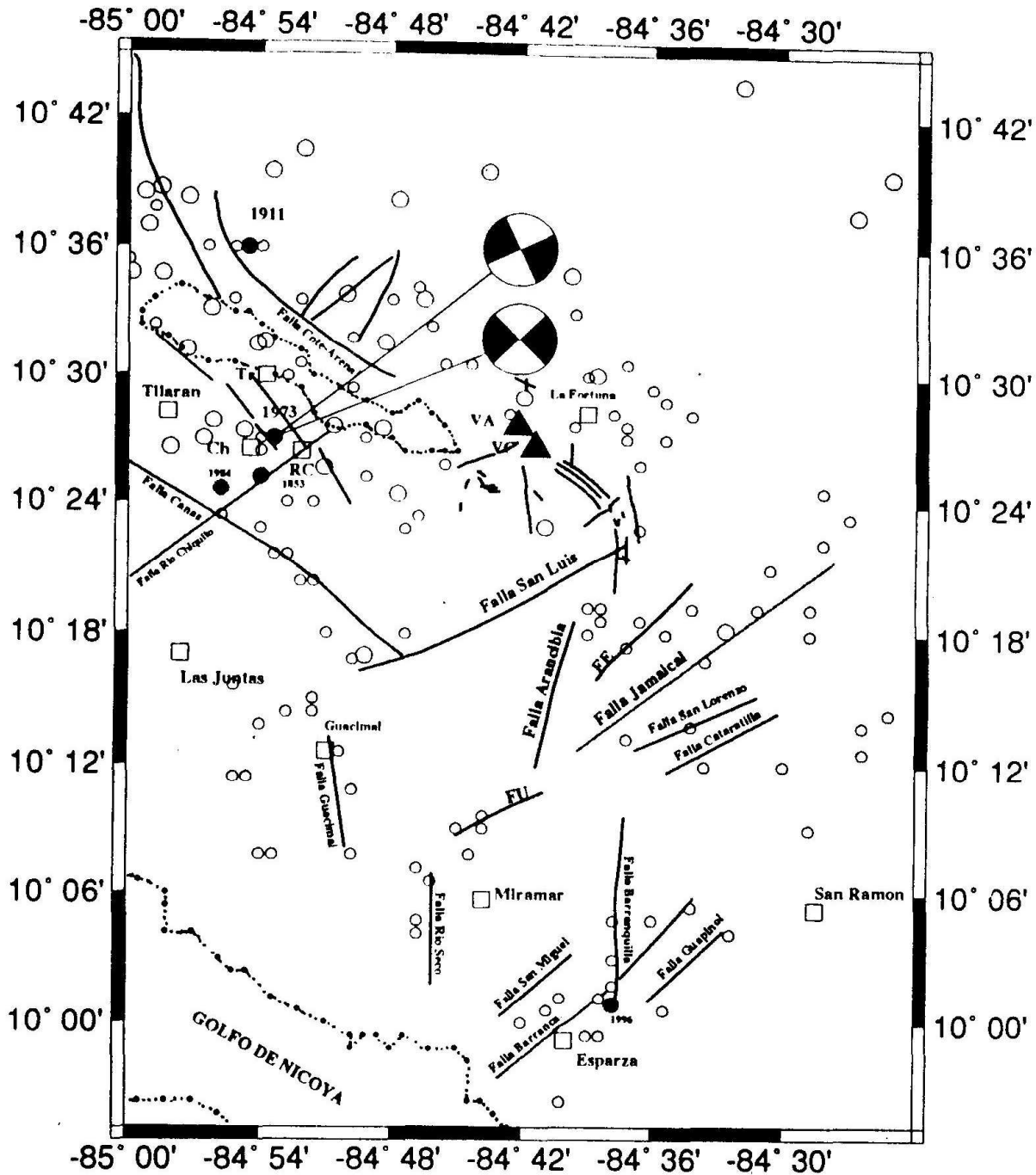


Figura 2: Sismicidad y fallamiento de la zona. Los trazos lineales son las fallas. Los círculos pequeños sin relleno son temblores localizados por la Red Sismológica Nacional y los grandes por la Red Arenal (ICE); los círculos negros son sismos históricos y los grises sismos recientes importantes. Los triángulos representan los volcanes y los cuadrados las localidades. El área del Embalse de Arenal se encierra dentro del perímetro punteado ubicado al oeste del Volcán Arenal. El número cerca de los epicentros indica el año en el que ocurrió el evento. Tr: Tronadora, Ch: Chiripa, Rc: Río Chiquito, VA: Volcán Arenal, VC: Volcán Chato, FE: Falla Esperanza y FU: Falla Unión.

4.2. Sismicidad Instrumental

En la fig. 2 se muestra la distribución de sismos superficiales que ha detectado y localizado la Red Sismológica Nacional (RSN: ICE-UCR) desde que esta inició sus operaciones en 1974 (círculos pequeños sin rellenar) y aquellos localizados por el Observatorio Sismológico de Arenal (OSIVAM-ICE) los cuales se representan con círculos sin relleno de mayor tamaño que los de la RSN. La magnitud de los temblores varía entre 2 y 5 grados.

En términos generales se observa que las concentraciones de epicentros en correlación bastante bien con los sistemas de fallas del área. Así, en el norte, los temblores ubicados dentro del Graben de Arenal parecen corresponder con el sistema de fallas de orientación noroeste paralelas al embalse. El conjunto de sismos localizados al este del Volcán Arenal pertenecen a un enjambre de temblores alcanzó 4,2 grados de magnitud (RSN, 1987). Esta actividad se atribuyó a la Falla Chachaguita (ALVARADO, comunicación oral 1996).

El grupo de temblores ubicados al este de las Juntas (parte central-derecha del área) se han originado en una zona donde se ubica un sistema de fallas que incluye las fallas Jamaical, Esperanza (FE), Arancibia, San Luis, San Lorenzo y Cataratilla. A pesar de las limitaciones derivadas del poco número de sismos localizados en este sector, es posible que al menos la Falla Jamaical haya sido una de las que han contribuido con la generación de este pequeño grupo de sismos.

VILLEGAS (en preparación, 1996) y FALLAS (en preparación, 1997) han encontrado evidencia neotectónica en algunas de estas fallas. La fallas San Luis, por el contrario, casi no muestra actividad sísmica y Arancibia parece haber generado temblores en su extremo noreste.

Otro alineamiento sísmico interesante es el que se observa a lo largo de la Falla de Cañas, es muy probable que esos temblores se deban a esfuerzos generados en tal falta. En 1984 ocurrió un temblor de magnitud 4,4 cerca de esta falla (círculo de color gris con número 1984 en la fig. 2) que pudo haber sido originado en esta falla, o bien, en la Falla Río Chiquito.

En el sur la sismicidad tiene un índice aún más bajo que en el norte y estaría asociada con pequeñas fallas. La mejor asociación se encuentra al norte-noreste de Esparza, donde el grupo de sismo parece corresponder con el de las fallas. Un sismo de este sector se sintió recientemente en Esparza y en el Valle Central del país; la magnitud del evento fue 3,2, su profundidad 16 km y su intensidad III en Esparza y II en el Valle Central (MORA, 1996). Dicho sismo se localizó 5 km al noroeste del Esparza, casi en la intersección de las trazas de las Fallas Barranca y Barranquilla, lo cual podría indicar que al menos una de las dos está generando sismicidad.

Finalmente, se indica que la Red Sismológica del Arenal está contribuyendo en gran manera al conocimiento de las características sismotectónicas del área. En la fig. 2 se observan eventos localizados con esta red en las inmediaciones del Graben de Arenal y es muy probable que con el paso de los años se logre registrar una buena cantidad de sismos de las fallas activas cercanas a esa red.

5. Período de recurrencia

Con relación a los temblores de magnitudes M_s superiores a 5,7, que están relacionados con el fallamiento superficial, los datos históricos y recientes muestran que estos ocurren en ciclos sísmicos que tienden a ser contemporáneos con los temblores mayores interplaca del Pacífico Central del país, los que ocurren cada 25-40 años.

En el presente siglo han ocurrido dos ciclos sísmicos, en la zona sísmica Cañas-Tilarán, a saber: el ocurrido en 1911 y el más reciente ocurrido entre 1973. Según MONTERO (1986) el período de recurrencia para este sistema es de 60 años.

Respecto a la zona sísmica (Guacimal-Miramar), no se conoce con certeza su recurrencia, sin embargo, por similitud con otras fuentes conocidas, se sugiere liberaciones de energía características de largos períodos de recurrencia mayores a 130 años, como el caso de la zona sísmica de Bagaces-Guayabo (MONTERO, 1986).

6. Conclusiones y recomendaciones

Por medio de esta investigación se ha comprobado que en la zona Arenal-Miramar hay moderados niveles de sismicidad, los cuales están relacionados con el fallamiento cartografiado. Las fallas que presentan la más fuerte evidencia de actividad sísmica reciente son: Cañas, Jamaical, Cote-Arenal, Chiripa y Barranca.

En las fallas de Graben de Arenal ocurrieron los dos temblores más fuertes de todos aquellos utilizados en este trabajo. Se recomienda a los geólogos que trabajen en la zona y que estén interesados en aspectos estructurales, estudiar con más detalle el fallamiento mostrado en este artículo a fin de reunir mayor evidencia neotectónica de las fallas.

Se estima conveniente abrir más la red que el Instituto Costarricense de Electricidad ha instalado en las inmediaciones del Volcán Arenal, a fin de captar un mayor número de microsismos generados en los sistemas de fallas cercanos a la red pero que están fuera de ella. Esto a la vez ayudaría a localizar mejor los sismos cercanos al Proyecto Hidroeléctrico Arenal.

7. Agradecimiento

Se agradece a la Red Sismológica Nacional (RSN: ICE-UCR) y al Observatorio Sismológico de Arenal (OSIVAM-ICE) por haber suministrado los datos sismológicos utilizados en esta investigación.

8. Referencias Bibliográficas

- [1] Alvarado, G., Matumoto, T., Borgia, A., Barquero, R., 1988: Síntesis geovulcanológica del Arenal (Costa Rica): 20 años de continua actividad eruptiva (1968-1988). Bol. Observ. Vulcanológico del Arenal, Vol. 1, N 1, 49 pgs.
- [2] Madrigal, C., Bonilla, J., Avila, M., Alvarado, G., Barquero, R., 1992: Estudio geológico Mapa Geológico de la Hoja Fortuna, informe interno del ICE.
- [3] Barquero, R., Boschini, I., Fernández, M., Montero, W y Rojas, W., 1991a, La crisis sísmica del Golfo de Nicoya y eventos sísmicos relacionados, Costa Rica, 1990. Reporte Técnico, Red Sismológica Nacional, RSN, ICE-UCR, Costa Rica, 163 p.
- [4] Cosillo, A. (1989): Geoquímica y Geología Estructural del yacimiento aurífero Bellavista, Miramar, Puntarenas, Costa Rica. Tesis de Licenciatura en Geología, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, 169 pp.
- [5] Dengo, G. (1962): Tectonic-igneous sequence in Costa Rica, Geol. Soc. Am. Buddington Volume, 133-161.
- [6] Fallas, Y., (en preparación, 1997): Análisis Geológico-Geotécnico para túneles de conducción de agua, caso proyecto hidroeléctrico Daniel Gutiérrez. Tesis de Licenciatura.
- [7] Madrigal, R., 1970, Geología del mapa básico Barranca, Costa Rica, Informe Técnico IX (37), Ministerio de Energía, Industria y Comercio, San José, Costa Rica, 59 PLAFKER (1973)..
- [8] Matumoto, T.; Liaw, H.B.; Guendel, F.; Avila, G. Y Olivares, E.(1978): Análisis de datos pasivos, Red Sismográfica de Guanacaste. Inf. Int. ICE, 26 PLAFKER (1973).
- [9] Montero, W., 1986, Períodos de recurrencia y tipos de secuencias sísmicas de los temblores interplaca en la región de Costa Rica, Rev. Geol. Amer. Centr., 5, 35-72.
- [10] Montero, W., en prensa: Neotectonics and related stress distribution in a subduction-collisional zone: Costa Rica. En Geology of an evolving island arc: southeastern Central America.
- [11] Montero, W., Alvarado, G., 1988: Los terremotos de Bagaces de 1935 y 1941: neotectonismo transversal a la Cordillera Volcánica del Guanacaste, Costa Rica. Ciencia y Tecnología, 12 (1-2): 69-87.
- [12] Montero, W., Morales, L., 1990: Deformación y esfuerzos neotectónicos en Costa Rica. Rev. Geol. Amér. Central, 11:69-87.
- [13] Mora, M., (Ed) 1996: Resumen de la actividad sísmica y volcánica de Costa Rica. Boletín de la Red Sismológica Nacional, edición mensual, octubre.
- [14] Morales, L. D., 1985, Las zonas sísmicas en Costa Rica y alrededores, Rev. Geol. Amer. Centr., 3, 69-101 p (1973).
- [15] Plafker, G. (1973) : Field reconnaissance of the effects of the earthquake of april 13, 1973, near Laguna de Arenal, Costa Rica. BSSA, V. 63, No. 5, pp 1847-1856.
- [16] Red Sismológica Nacional (RSN), 1987 : Informe de temblores sentidos, reportados, durante el mes de marzo de 1987.

- [17] Rojas, W., 1993, Catálogo de sismicidad histórica y reciente en América Central: Desarrollo y Análisis. Tesis de Licenciatura en Geología, Universidad de Costa Rica, 91 p.
- [18] Sandoval, L., Sáenz, R., Acuña, J., Castro, J., Gómez, M., López, A., Maderos, B., Monge, A., Vargas, J., Fernández, T., Ulate, R., Ramírez, C., (1982): Mapa geológico de Costa Rica. Direc. Geol. Minas y Petróleo, MINAE, San José, Costa Rica.
- [19] Villegas, A. (En preparación): Marco Geodinámico de la cordillera de Tilarán, implicaciones entre tectónica y vulcanología. Tesis de Licenciatura en geología, Universidad de Costa Rica, San Pedro Montes de Oca.
- [20] Víquez, C., 1910: Temblores, terremotos, inundaciones y erupciones volcánicas en Costa Rica, 1608-1910, Tipografía de Avelino Alsina, San José, Costa Rica, 200 pgs.
- [21] Weyl, R (1950): Geology of Central America. 371 pags. Gebrüder Borntraeger, Berlin.