

Luis Diego Morales

## HISTORIA DE LA SISMOLOGIA EN COSTA RICA

**Summary:** *The development of Seismology in Costa Rica has been divided in five periods: I. 1575–1851. Notes about earthquakes in the colonial period and about the destruction of Cartago (1841). II. 1852–1887. Systematic observations without instrumentation get started with monthly detail and annual reports that developed in an elementary bulletin. III. 1888–1920. Observations began, with local construction of seismoscopes. Improvement of the bulletin and the reports. A center for studies and a seismoscopes network established. IV. 1921–1972. Decline of seismological studies. V. 1973–1985. Rebirth of seismological studies: human resources formation, installation of a seismographic network, Seismic code, teaching and research.*

**Resumen:** *El desarrollo de las sismología en Costa Rica ha sido dividido en cinco períodos: I. 1575–1851. Notas sobre temblores, daños y la destrucción de Cartago (1841). II. 1852–1887. Observaciones sistemáticas sin instrumentos, con detalle mensual y reporte anual. "Boletín sismológico" desde 1878. III. 1888–1920. Observaciones sismográficas y construcción local de sismoscopio. Boletines e informes más técnicos. Un "Centro de Estudios Sismológicos" y una red de sismoscopios. IV. 1921–1972. Ocaso de los estudios sismológicos. V. 1973–1985. Resurgir de los estudios sismológicos, formación de especialistas, instalación de redes, código sísmico, docencia e investigación.*

### Introducción

Las condiciones geológicas de Centro América son el resultado del desarrollo de una serie de pro-

cesos geofísicos responsables de los temblores y las erupciones volcánicas que han afectado esta región desde su más remoto pasado geológico, hace aproximadamente 70 millones de años (1). Por lo tanto, nuestro país siempre ha estado expuesto a los fenómenos sísmicos y es probable que así continúe por muchos millones de años más durante su evolución geológica.

Con el poblamiento de nuestro territorio surge la posibilidad de tener datos o referencias sismológicas, pero en los documentos conocidos de historia precolombina no aparecen referencias al respecto. Lo mismo ocurrió durante la etapa de los descubrimientos y de la conquista (1905–1575) (2).

Con el asiento definitivo de la ciudad de Cartago en 1575 y la concesión de los títulos de propiedad de la tierra (y en particular entre 1574 y 1584) por el gobernador, capitán Diego de Artieda Chirinos (3), se pone en movimiento un proyecto colonizador del cual surgiría la sociedad agraria costarricense y el poblamiento del Valle Central. Sin embargo, el desarrollo demográfico y económico durante la colonia (1575–1821) fue muy lento y pobre.

Para tratar de comprender y seguir el desarrollo de las actividades sismológicas en nuestro país lo haremos por períodos o etapas que nos permitan llevar un orden cronológico, como se explica a continuación:

#### I. 1575–1851:

Primeros reportes y descripciones sobre terremotos y temblores fuertes que ocasionaron daños.

#### II: 1852–1887:

Primeras observaciones sistemáticas de temblores, con anotación anual y detalle mensual, sin instrumentos.

### III. 1888–1920:

Observaciones instrumentales, boletines, publicaciones, período floreciente de la sismología en nuestro país.

### IV. 1921–1972:

Pérdida de impulso, equipos muy viejos, desorganización, discontinuidad en las observaciones sismológicas, nuevos equipos y falta de especialistas.

### V. 1973–hasta el presente:

Nuevo auge de la sismología, redes de estaciones sismográficas, docencia e investigación.

### **Etapas I: 1575–1851 (276 años):**

Esta etapa abarca todo el período colonial y algunos años después de la independencia. Comprende los primeros reportes y descripciones sobre temblores fuertes y terremotos que ocasionaron daños o temblores que, por un motivo u otro, fueron consignados en documentos públicos. Aquellos temblores que no producían daños o eran de poca intensidad apenas serían recordados por un corto tiempo o del todo olvidados; aunque algunos, a pesar de su intensidad, no se anotaron, porque no se presentó la oportunidad de hacerlo, o bien no se les dio mayor importancia.

En un trabajo que recopila la información sobre temblores y erupciones volcánicas en centroamérica, y con base en su propia experiencia en El Salvador, Montessus de Ballore (4), presentó los fenómenos sísmicos y volcánicos que ocurrieron en esta región, poco antes de iniciarse la conquista (1520), hasta 1884. Sin embargo, es sorprendente que en dos siglos, (desde 1520 hasta 1722) no se anote o describa ningún suceso en Costa Rica; mientras que, durante este lapso, se produjeron ruinas y daños notables en las ciudades de Guatemala (1541, Santiago de Guatemala; 1586, 1607, 1651 y 1717 Antigua Guatemala); en San Salvador, (1575, 1593 ó 1594, 1659, 1707 y 1719) y León de Nicaragua, (1528, 1609, 1651 y 1663).

Es probable que por haber sido la provincia de Costa Rica, la más pobre y despoblada y con la ausencia de vías de comunicación y alejada del Reino

de Guatemala, cualquier suceso pasara inadvertido o bien, que no hubiera ningún fenómeno sísmico o volcánico notable antes de 1722, período consignado por Monseñor Thiel (5) como el de los tiempos más oscuros y desconocidos de la historia de Costa Rica, esto es, desde el descubrimiento (1502, y conquista, hasta el final del siglo XVII (1700).

Acerca de los vecinos y el estado de las construcciones, dice la historia (6) que la pobreza de Costa Rica en 1604 era todavía tan grande, que las casas del cabildo de esta ciudad (Cartago) son cubiertas de paja y una cerca (pared) de barro muy débil. Y en queja de Gaspar de Chinchilla, procurador síndico de Cartago, contra el Gobernador Ocón y Trillo el 29 de febrero de 1608 consta que: "Ni se cogen ni siembran ningunos mantenimientos y así están todos los vecinos pobres, miserables, y es de manera que los pobres vecinos de esta ciudad viven en unas casas viejas, sin cercas (paredes) y las cubijas (techos) de paja, y tales que con cualquier rocío se mojan todos; y los que se mueren no tienen iglesias en que los enterrar por estar todas rotas y deshechadas".

En Real cédula de 10 de noviembre de 1626 se dice que en la provincia de Costa Rica no había más de 50 vecinos, todos pobres por no tener comercio ni contrataciones, y no había frutos ni hacienda suficiente... (7).

La primera vez que aparece en los documentos de historia patria una referencia a los temblores es en la gobernación de Gregorio de Sandoval (8), y se cuenta de él que: construyó iglesias en los pueblos de indios e "hizo reparar las de Cartago, que estaban dañadas a causa de temblores", y reedificó las casas de Cabildo, Según Cleto González (9) estos trabajos se hicieron entre 1638 y 1640.

¿Cuándo ocurrieron los temblores que dañaron las iglesias de Cartago? No aparece fecha precisa, ni es posible determinarla exactamente por falta de datos, tal y como dice Cleto González (10).

Basados en los procesos geológicos y geofísicos actuales, debemos considerar con todo fundamento científico que, desde la formación de nuestro territorio, el país ha sido afectado por los fenómenos sísmicos y de que si no hay reportes de ellos, podría ser por las siguientes razones: lo deshabitado del país y la poca concentración de la población, construcciones pequeñas o ligeras, ausencia de infraestructura para el desarrollo; de modo tal que, incluso un temblor fuerte no tendría tanta trascendencia por cuanto casi ni habría personas a

las cuales asustar, ni casas o iglesias u obras civiles importantes que dañar, ni patrimonio que cuidar. Sin embargo, es probable que no hubiese ocurrido un temblor de gran intensidad, aunque sí temblara; de modo tal que si hubiera ocurrido un terremoto, los gobernadores y otros funcionarios lo habrían consignado en sus informes, cartas o algún otro documento de la época; o bien, habría formado parte de las tradiciones históricas.

La segunda ocasión en que aparece una referencia escrita sobre los temblores en nuestro país es en los protocolos de Cartago de 1678 (11), en donde consta que doña Inés de Chaves vende unas casas sitas en dicha ciudad, que no puede mantener por "Haberse deteriorado por causa de los temblores que hubo por el año pasado de 78".

El 15 de marzo de 1719 el gobernador don Diego de la Haya dirige al Rey un interesantísimo informe a cerca de la provincia (12) en el cual se lee que: Y por tiempo nacen y proceden de este volcán (Irazú) diferentes temblores que han arruinado y maltratado sus templos y casas.

Tenemos aquí no sólo una tercera referencia a los temblores y los daños causados, sino, lo que es más importante aún, una referencia a la causa u origen de los temblores: el volcán, afirmación no siempre cierta.

El día martes 16 de febrero de 1723 se inicia un período de gran actividad del volcán Irazú, con erupciones de cenizas y escorias, y frecuentes temblores. El informe de Diego de la Haya sobre estos sucesos, contiene detalles de interés científico e histórico (13).

Con Diego de la Haya se inician en nuestro país las primeras observaciones sismológicas y vulcanológicas, con descripciones referentes al origen, al número y características de los temblores sentidos y de los efectos producidos, así como sobre el comportamiento de los pobladores y los falsos rumores sobre la destrucción de la ciudad, con una referencia a San Gregorio Obispo, patrón de la ciudad, por temblores.

El miércoles 14 de julio de 1756 (día de San Buenaventura) entre las 2 y 3 de la tarde, ocurre un fuerte temblor de tierra que duraría como cuatro minutos y al cual siguieron varias réplicas (14). Es este uno de los pocos temblores ocurridos en Costa Rica durante el siglo XVIII, del que guardan recuerdo nuestras crónicas (15) y del cual se conserva un acta.

En noviembre de 1781, la Audiencia autorizó la reedificación de la iglesia parroquial de Cartago

que se hallaba arruinada por temblores de tierra (16). Sin embargo, no se dice o sugiere cuándo ocurrieron.

Debido al fuerte temblor del día 10 de abril de 1821 entre 3 y 4 de la tarde, el Cabildo, con asistencia del gobernador Cañas, señaló el 2 de mayo para reconocer la parroquia. Citó, entre otros, a maestros albañiles y carpinteros para el reconocimiento (17). Es esta la primera referencia que tenemos sobre una comisión de especialistas nombrada para reconocer y evaluar los daños producidos por temblores en una estructura determinada.

En 1822 con el violento temblor ocurrido entre 1:30 y 2 a.m. del día 7 de mayo (día de San Estanislao) se lee en Cleto González (18) que los documentos de la época y las actas municipales de Cartago y San José tienen una descripción de los daños, lugares afectados y del comportamiento de la población.

La primera destrucción de la ciudad de Cartago ocurrió el 2 de setiembre de 1841, a las 6:30 horas, con el llamado terremoto de San Antolín.

Sufrieron daños considerables Tres Ríos y Curridabat, San Pedro y en menor grado San José. Es relevante el informe que el 4 de octubre de 1841 dirigió el gobernador de Cartago Telésforo Peralta al Jefe de Estado, describiendo el fenómeno y los daños causados, responsabilizando al Irazú de tal desgracia (19).

La destrucción producida por el terremoto, 4025 casas inutilizadas en total, llevaron al Jefe de Estado, Braulio Carrillo a tomar una serie de medidas en cuanto a construcción, por lo que puede ser considerado como el primero en presentar un código sísmico (20).

El 23 de octubre de 1841, aprobó unas instrucciones sobre construcción que tenían como fin que se edificase con firmeza. En el prólogo dice: En un país rodeado de volcanes, "donde con frecuencia se repiten los temblores de tierra", es preciso poner al mayor esmero en la construcción de edificios, para no encontrarse familias enteras repentinamente sepultadas bajo sus ruinas (21).

El procurador de Cartago, Francisco de Paula Gutiérrez, llevó nota de la actividad sísmica, en donde consta que desde el día del terremoto (setiembre 2 de 1841) continuó temblando por espacio de un año, 8 meses y 27 días, o sea hasta el 19 de mayo de 1843 (22). La diferencia anotada fue que en los últimos meses se sucedían con mayores intervalos, y eran de menor intensidad, ex-

cepto uno que hubo el día 21 de marzo de 1824 que fue bastante fuerte y ocasionó algunos daños en Alajuelita y otras poblaciones de San José.

Un fuerte temblor sacudió al Valle Central el 28 de marzo de 1851 a las 7:15 a.m. afectando a San José, Heredia y sobre todo a Alajuela. En la Gaceta No. 126 de 26 de abril, 1851 (23) se publica un corto informe con la descripción de ese fenómeno y los daños causados, agregando que aún no se sabe cuál volcán causó el terremoto.

Se observan en esta primera etapa descripciones cualitativas de los efectos y daños causados por los temblores fuertes, la falta de observaciones sistemáticas y una marcada tendencia a buscar en los volcanes la causa u origen de los temblores. A escala mundial el desarrollo de la sismología era también incipiente y lo más relevante eran las observaciones sistemáticas que desde hacía muchos años venían haciendo chinos y japoneses.

#### Etapa II: 1852-1887

Se caracteriza este período por tener registros más detallados sobre el número de temblores en cada año, con una enumeración más regular de los temblores sentidos, basados en observaciones personales aunque sin instrumentos.

La inmigración alemana de 1848 va a contribuir notablemente con el desenvolvimiento científico de Costa Rica (24), y en lo que a la sismología respecta, merecen destacarse los nombres de Francisco Kurtze y Fernando Streber. Otros dos alemanes que realizaron observaciones meteorológicas y sismológicas, fueron Francisco Rohrmoser y, Federico Maison quien llegó en 1862.

En 1855 publicaron el ingeniero Kurtze y el Dr. Streber, un artículo sobre "Temblores de tierra" (25), el primero en su género publicado aquí en Costa Rica y de gran valor. Escriben dichos autores sobre las causas y efectos de los temblores, características de las sacudidas y la respuesta del suelo; fenómenos atmosféricos y volcánicos asociados y el comportamiento animal. Presentan el primer análisis crítico sobre el estado de la arquitectura y las construcciones de la época y sobre el seguro contra terremotos. Con ellos se inician las observaciones sismológicas sistemáticas, con anotaciones del número anual de temblores a partir de 1852, reconociendo la necesidad de instrumentos y observaciones sísmicas contemporáneas en distintos lugares y la imposibilidad de conseguirlas.

Dicen Kurtze y Streber que: hasta donde alcan-

zan las tradiciones históricas, en la época de tres siglos (ahora serían más de cuatro) sólo los cuatro siguientes terremotos verdaderos, han hecho estragos en el país: el terremoto del día de San Gregorio, entre los años 1680 y 1689 (podrían ser los del año 1678 como ha sido referido en la primera etapa); el de 1756, el día de San Buenaventura; el del 7 de mayo de 1822, (temblores de San Estanislao); y el del 2 de setiembre de 1841, (terremoto de San Antolín), que destruyó principalmente la ciudad de Cartago y la Villa de la Unión (Tres Ríos). Nótese la costumbre de llamar el terremoto por el día del santo en que ocurriera.

En 1864, el 25 de setiembre, publica la Gaceta (26) unas notas sobre la erupción de cenizas del Volcán Turrialba, cuya actividad se extendió desde el 17 de agosto de 1864 hasta mediados de marzo de 1865, con otra erupción más violenta tal vez, en 1866, la cual empezó el primero de febrero y fue acompañada de muchos temblores (8 de mayo) que se sintieron hasta en San José.

En 1867 publica la Gaceta (27) un cuadro de observaciones de Streber sobre los temblores sentidos en San José, y otro cuadro de las observaciones hechas en Heredia por Francisco Rohrmoser quien residía en dicha ciudad, y que aparte de sus observaciones sismológicas, realizaba importantes observaciones meteorológicas desde 1855 (28).

En el diario oficial La Gaceta (29), en marzo de 1878 comienza a publicarse lo que vendría a ser "un primer boletín sismológico" para los temblores sentidos, que incluía fecha, hora e intensidad (fuerte-débil) con que fue sentido, en base a las observaciones de Federico Maison. Durante esta etapa, es relevante la divulgación que hace la Gaceta de la información sismológica (y meteorológica), producto de los estudios de Streber y Maison. El primero fue fundador de la Oficina de Estadística en 1863 y director de la Gaceta por varios años; mientras que el señor Maison, aparte de ser director de la Oficina de Estadística por varios años hasta su muerte (mayo 1881) (30), llevó un registro de observaciones meteorológicas y sismológicas desde 1866 hasta 1880 (31).

En 1882, el 3 de marzo a las 7:48 horas (32), ocurre el temblor más importante de este período, el cual fue sentido en casi todo el país, causando daños moderados en el Valle Central y en Puntarenas.

Con las contribuciones de Enrique Villavicencio, Guillermo Molina y Pedro Nolasco Gutiérrez quien siempre hacía correlaciones entre los tem-

blores y las fases de luna, sin encontrar ninguna relación, causa-efecto, termina este período de observaciones personales, sin instrumentos y con detalle mensual de los temblores sentidos. La influencia alemana durante este período fue relevante, tal y como ha sido expuesto.

Durante este período se dan a escala mundial los siguientes hechos importantes en el desarrollo de la Sismología (33).

- 1860 R. Mallet, Mapa Mundial de la Sismicidad
- 1874 De Rossi, la primera y más generalmente usada Escala de Intensidad
- 1878 R. Hoernes, clasificación de los temblores de tierra
- 1880 T. Gray; J. Milne y J.A. Ewing, construcción del sismógrafo.

### Etapa III: 1888–1920

Es este uno de los períodos más relevantes en la historia de las ciencias físicas y naturales de nuestro país. Si en la segunda etapa el empuje fue alemán, ahora el desarrollo lo será gracias a estudios suizos, dedicados a la docencia en las primeras instituciones de enseñanza secundaria y a la investigación, en sus ratos libres. Cuentan con el apoyo de Mauro Fernández, reformador de la enseñanza en Costa Rica, de discípulos como José Fidel Tristán, quien llegará a ser una de las figuras más importantes de este período; un naturalista como Anastasio Alfaro y el valioso aporte de Cleto González Víquez, primer historiador de los desastres naturales en nuestro país e impulsor de los estudios sismológicos.

Corresponde este período con una de las crisis sísmicas más fuertes de nuestra historia y la más desastrosa hasta el presente.

Por decreto publicado en la Gaceta del 7 de abril de 1888, se crea el Observatorio Meteorológico Nacional (34), se nombra director del mismo al Dr. Henri Pittier, quien era profesor de "Ciencias Físicas y Naturales" en el Liceo de Costa Rica y estaba recién llegado de Suiza.

En el mismo liceo comenzó a funcionar el Observatorio y se instaló en ese año, en el piso bajo, un sismógrafo Ewing de doble péndulo (35) (componentes horizontales, N-S; E-W) y un sismógrafo de péndulo invertido que amplificaba seis veces (36), dando inicio así a las primeras observaciones sismográficas en nuestro país, las que fueron contemporáneas de otras estaciones

sismográficas en Japón, Europa, y Estados Unidos. Esto fue indudablemente un gran avance, ya que apenas en 1880 los ingleses, Gray, Milne y Ewing, habían construido el primer sismógrafo mientras trabajaban en Japón, y se estableció así la primera estación sismográfica en el mundo (Observatorio Meteorológico en Tokio, 1881) (37).

La primera referencia a un instrumento hecho en Costa Rica para registrar temblores, aparece en un comentario del Dr. Pittier sobre un temblor fuerte ocurrido el 17 de diciembre de 1888, del cual dice que: por medio de un sismógrafo (sismoscopio) inventado por un discípulo mío, Fidel Tristán, se obtuvo un trazado muy claro (38).

El terremoto de Fraijanes del 30 de diciembre de 1888 fue el primer gran temblor, en ser registrado por los nuevos equipos sismográficos del Observatorio Nacional y ocupó preferentemente la atención del Dr. Pittier, quien publicó en los *Anales del Instituto* un interesante estudio (39), el primero en su género, sobre las características y naturaleza del terremoto y de la serie de temblores que le precedieron y siguieron, recurriendo a observaciones personales en el área afectada y apoyándose en los datos sismográficos obtenidos. Consideró que dichos temblores eran de naturaleza volcánica, relacionándolos con el Volcán Poás principalmente.

El 14 de enero de 1889 dirige Pittier un informe al gobierno sobre los fenómenos sísmicos y volcánicos ocurridos en el Valle Central en diciembre de ese año (40). Este informe presenta una serie de observaciones sobre los efectos del terremoto y sus causas, y se destaca una referencia al poco cuidado con que se construyen las casas rurales y aún las de las ciudades, a pesar de las tremendas lecciones y avisos de la naturaleza, recomendando al gobierno ciertas normas para construcciones sísmo-resistentes.

En el año de 1889, el Instituto Meteorológico pasó a ser parte de una institución más amplia al fundarse el Instituto Físico-Geográfico (41), siempre bajo la dirección de Pittier y con las siguientes secciones: el Observatorio Meteorológico (encargado también de las observaciones sismológicas) el nuevo Servicio Geográfico, el Museo Nacional y el Herbario Nacional (42).

En los *Anales del Instituto* (43) para el año 1889, presentó Pittier una comparación entre la serie udométrica y la serie sísmica, encontrando que el mayor número de temblores se ha produci-

do en los meses de mayor precipitación de lluvia. Considera Pittier que la hipótesis mencionada merece estudiarse, a pesar de las objeciones que pueda encontrarse y en referencia a los temblores, dice que: "no piensa absolutamente tampoco que los volcanes son la causa de los temblores, sino que unos y otros tienen un mismo origen".

Es notable durante 1889 el uso de la escala de Rossi-Forel para los datos de intensidad, según consta en el informe anual que sobre los temblores presentó Pittier en los Anales del Instituto.

El informe del Dr. Pittier del año de 1890, (44) indica el número, frecuencia, intensidad, duración y repartición en el tiempo, de los temblores registrados en San José. Pero se encuentran todavía reducidos a meras inferencias en lo que se relaciona con la causa, origen y modo de transmisión de los distintos sismos. Aparece reproducida en este informe, la escala de intensidades de Rossi-Forel para dar una idea de lo que se entiende por intensidad de los temblores.

En 1901, a los datos sobre temblores que desde 1878 el señor Maison venía divulgando con el mismo formato, Pittier agregó el número de eventos desde 1888 y el dato de intensidad en la escala Rossi-Forel en 1889, y salieron presentados con el nombre de "Boletín del Instituto Físico Geográfico", el cual fue uno de los primeros boletines de este tipo en el mundo (45).

El Instituto Físico Geográfico pasa a un nuevo local en el año 1903, situado en lo que fue el antiguo Museo Nacional y donde hoy están las oficinas de la Caja Costarricense del Seguro Social.

En 1904 se aleja del país el eminente científico Henri Pittier, quien tanto contribuyó al desarrollo de las ciencias geofísicas. Continuará con las observaciones sismológicas José Fidel Tristán, con el apoyo posterior de Pablo Biolley C.

El temblor de mayor magnitud, ( $M = 7,75$ ), del cual se tenga noticia en Costa Rica, ocurrió un 20 de diciembre de 1904, cerca de la actual Villa Neilly al sur este del país, en la región fronteriza con Panamá. El 20 de enero de 1905, el país fue sacudido por un violento temblor de intensidad VII u VIII (Rossi-Forel) en San José. Acerca de estos dos temblores existe una valiosa publicación del Dr. Pittier (46) y una referencia de José Fidel Tristán sobre los efectos del último temblor. Es particularmente interesante (por la vigencia que siempre ha tenido) la referencia que hace Pittier (47) a las disquisiciones fantásticas de la prensa (hoy día tendríamos que agregar, radio y televi-

sión) y a las disertaciones, más bien literarias que científicas, cuando se produce un fuerte temblor. Hasta se ha pretendido —después de pasado todo— que cierto personaje había predicho el terremoto. En otros países tales profetas se consideran peligrosos para la salud pública y se envían al manicomio.

Los años de 1907 a 1909 fueron muy tranquilos, hasta que en el año de 1910, un 25 de enero a las 4:45 p.m., se inicia una formidable erupción de cenizas del Volcán Poás, la más grande de que se tiene recuerdo (48), sin embargo, durante enero y febrero de este año, no se registraron temblores en los sismógrafos del Observatorio.

El terremoto del 13 de abril de 1910 a las 1:05 a.m., llegó precedido por un violento temblor a las 00:37 a.m., y afectó sobre todo la región del Tablazo, al sur de San José. El profesor José Fidel Tristán distribuyó una circular a los telegrafistas, pidiéndoles información sobre los temblores sentidos; con los datos recogidos, logró determinar el área mesosísmica, o sea la zona más afectada por el terremoto (49). Este trabajo significó un paso adelante en los estudios sismológicos del país.

La mayor catástrofe sísmica de nuestra historia, ocurrió el 4 de mayo de 1910 a las 18:47 horas, con la segunda destrucción de Cartago, por el llamado terremoto de Santa Mónica.

De gran valor es el informe del Museo Nacional, presentado por el profesor Anastasio Alfaro el 7 de setiembre de 1910, sobre los efectos de este terremoto (50). Por sugerencia del geólogo R. A. Jaggar, se imprimieron y distribuyeron a escala nacional, centenares de fórmulas con un cuestionario sobre el movimiento sísmico del 4 de mayo, con lo que se tiene así un trabajo de alcance nacional sobre los efectos del temblor, extendiendo el pasado dato en ese mismo sentido por Fidel Tristán, con el terremoto del 13 de abril de 1910. Escribió Anastasio Alfaro sobre los violentos temblores del 13 de abril, sus características y daños producidos, pasando luego a referirse al terremoto de Cartago: intensidad, duración, dirección del movimiento, efectos en relación con el suelo y el tipo de construcción. Relevante es el hecho de que por primera vez aparece un apartado dedicado a las "fallas geológicas".

En carta del 5 de julio de 1910, comunica Montessus de Ballore al profesor Tristán que: en lo tocante a la teoría tectónica de los temblores, usted puede decir que está ahora aceptada general-

mente en los círculos sismológicos. Refiere finalmente que el terremoto de Cartago no puede ser volcánico aunque ignora sus causas inmediatas (51).

Durante los años de 1910, 1911 y 1912 se publican muchos artículos sobre temblores, donde se destacan los nombres de José Fidel Tristán, Anastasio Alfaro y Gustavo Michaud, con publicaciones en revistas de prestigio internacional como el "Boletín de la Sociedad Sismológica de América" (Bulletin of the Seismological Society of America) y Científica Americana (Scientific American). El extraordinario libro de Cleto González Víquez, *Temblores, terremotos, inundaciones y erupciones volcánicas en Costa Rica, 1608-1910*, se publica en este período, lo mismo que el primer (y único) número de los *Anales* del Centro de Estudios Sismológicos de Costa Rica, que fue creado en octubre de 1911.

Para el año de 1910 estaban en funcionamiento cuatro sismógrafos, los dos del Observatorio Nacional y uno instalado en la casa del profesor Juan Rudín y construido por él mismo (también era un excelente constructor de telescopios) (52), con un mecanismo eléctrico que marcaba en el disco horario la hora y duración de los temblores. El cuarto sismógrafo estaba en el Colegio de Cartago a cargo del Dr. Gustavo Michaud. Se registraban los temblores sobre un disco, placa o plancha de vidrio ahumado, donde se marcaba el trazo de una aguja o pluma colocada en el extremo de un péndulo invertido, colocado en una caja de madera de aproximadamente un metro de altura y una base rectangular de 40 a 50 cm. (53). Desde 1909 el Dr. Michaud había empezado a enviar informes regulares a la "Asociación Internacional de Sismología", recientemente fundada en Estrasburgo (54). El sismógrafo del Colegio Superior de Señoritas, con un peso pendular de 18 kilos, fue construido por César Cots y quedó instalado a fines de junio de 1911 (55).

El Centro de Estudios Sismológicos (CES), tenía por objeto recoger buenos datos de los temblores y ensanchar en lo posible los estudios emprendidos ya por el Observatorio Nacional y establecer una red sismológica, para lo cual se dispuso la construcción de algunos sismógrafos (56). Por el gran mérito que les corresponde, damos los nombres de los miembros del CES: Cleto González Víquez, José Fidel Tristán, Anastasio Alfaro, Gustavo Michaud, Pablo Biolley C., Juan Rudín, César Cots, Higinio Cots y Elías Leiva.

Lamentablemente, la actividad del Centro declinó rápidamente y de 1913 a 1920 se encuentran sólo esporádicos reportes y algunas publicaciones, en especial una de Fidel Tristán, en el boletín de la Sociedad Sismológica de América, sobre el violento temblor de 1916 frente a las playas del Coco (57). En 1921 salió una publicación de Fidel Tristán y Ricardo Fernández en la *Revista de Costa Rica* (58), sobre los temblores del año 1920 y así terminó este primer auge de la sismología en Costa Rica.

Con la instalación de sismógrafos entre 1880 y 1890 comenzó la sismología a desarrollarse como ciencia. En la década de los 90 (siglo XIX), Oldham en Inglaterra y Wiechert en Alemania, encuentran independientemente que las ondas longitudinales y transversales, así como las superficiales existen en los sismogramas.

John Milne introduce su sismógrafo de péndulo horizontal en 1893, e inicia a fines de siglo en Shide isla de Wight (Inglaterra), sus observaciones (más de 50 estaciones) a escala mundial y publica en sus conocidas "circulares de Shide" los primeros resultados epicentrales (59). En 1906 Galitzin en Rusia, construye su sismógrafo, aplicando inducción electromagnética, con registro galvanométrico en papel fotográfico; esto será de fundamental importancia para el desarrollo posterior de los sismógrafos (60).

Los primeros mapas de sismicidad a escala mundial aparecen en 1900, publicados por Montessus de Ballore y John Milne separadamente.

Para 1906, H.F. Reid postula su "teoría del rebote elástico", todavía aceptada para explicar los temblores tectónicos. Culmina esta etapa con el descubrimiento de la discontinuidad bajo la corteza por H. Mohorovicic (1909), y la discontinuidad entre el manto y el núcleo de la tierra por B. Gutenberg en 1913.

#### Etapa IV: 1921-1972

Al abandonar el Instituto Físico Geográfico las observaciones sismológicas al final de 1920, no va a existir una institución nacional encargada de continuar tan meritoria labor y el gran avance logrado en la etapa anterior se perderá. Debe destacarse el hecho de que se necesitaban nuevos equipos, pues los que existían eran muy viejos o rudimentarios (observación ya hecha por don José Fidel Tristán y don Anastasio Alfaro en 1910 (61) y no existía personal dedicado y capacitado

para continuar con las observaciones y estudios sismológicos; ni la voluntad política de hacerlo.

Con el terremoto ( $M = 7$ ) del 4 de marzo de 1924 (San Casimiro), ocurrido cerca de Orotina (62), y que afectó todo el Valle Central, causando daños y angustias entre sus moradores; volverá a nacer la idea de continuar con la observación sismológica, la prensa clamará por datos e informes, aparecen unos cuantos artículos y pasada la crisis sísmica, el olvido volverá de nuevo a la ciencia sismológica.

Con la llegada al país a finales de 1931 del suizo, Dr. Pablo Schaufelberger (químico con cierta formación en geología), aparecen nuevas inquietudes por la sismología, unas pocas publicaciones y algunos datos sin continuidad.

Al eliminarse el presupuesto del Instituto Físico Geográfico en 1936, desaparece una de las primeras instituciones geofísicas del continente. La actividad se traslada entonces al Centro Nacional de Agricultura en San Pedro de Montes de Oca donde a partir de 1936 y hasta 1943 se va a continuar con las observaciones meteorológicas y menos regularmente con las sismológicas. El Dr. Schaufelberger colocó entonces un equipo sismológico viejo, que estaba sin trabajar en el Museo, en una pequeña casita construida al lado oeste de lo que es hoy el Centro de Recreación y comedor estudiantil de la Universidad de Costa Rica (63).

A la partida del Dr. Schaufelberger en 1938, continuó con las observaciones el profesor Ricardo Mangel, quien preparó tablas de datos que se publicaron en la revista del Ministerio de Fomento (64).

Violentos temblores sacudieron al país en 1939, 1940 y 1941, con magnitudes entre 6,5 y 7,5 causando daños.

En 1944 se crea el Servicio Meteorológico y Sismológico Nacional con sede en la Universidad de Costa Rica (Barrio González Lahmann) y dependiente del recién creado Instituto Geográfico Nacional. El primer director del Servicio lo sería el profesor José Merino y Coronado, quien venía trabajando desde 1941 en la Escuela Nacional de Agricultura. Los viejos equipos son retirados del servicio y se instala en el sótano del edificio de la Universidad (donde hoy está el edificio de la Corte Suprema de Justicia) un acelerógrafo, donado por el Servicio Costero y de Geodesia de los Estados Unidos (65).

En mayo de 1948 quedó a cargo de la dirección

del Servicio Meteorológico y Sismológico el Ing. Elliot Coen P., quien fue su director hasta el año de 1968. En 1949 se eliminó la partida del Servicio y vuelve a reanudar actividades en 1950, en la esquina noreste del actual Museo Nacional (antiguo cuartel Bellavista), dependiendo ahora del Ministerio de Agricultura e Industrias (66). El acelerógrafo es trasladado al nuevo local donde dejaría de funcionar a partir de 1952.

Con el terremoto de Guanacaste ( $M = 7,7$ , octubre 5 de 1950) se inicia una crisis sísmica que terminaría con el terremoto de Toro Amarillo ( $M = 5,8$ , setiembre 1 de 1955), sin lograr despertar un interés académico o político que favoreciera el desarrollo de la sismología.

El Servicio Meteorológico y Sismológico, bajo la iniciativa de Elliot Coen, inicia a partir de mayo de 1953 y hasta 1970, la obtención de datos sobre la intensidad (Mercali modificada) de los temblores, mediante la distribución de tarjetas de indagación a diferentes lugares del país (67).

La actividad del Irazú del año 1963 originó situaciones de emergencia que motivaron la cooperación internacional, obteniéndose una donación del Servicio Geológico de los Estados Unidos, que consistía de tres estaciones sismográficas de tres componentes y registro fotográfico, las cuales fueron instaladas a partir del año 1965 con la colaboración de la Oficina de Defensa Civil en La Lucha, Sanatorio Durán y San Pedro de Poás. Esta pequeña red sismográfica estuvo a cargo de la Dirección de Geología, Minas y Petróleo, pero lamentablemente su operación fue muy irregular y no se conocen boletines o informes sobre los sismos registrados (68).

Dos acelerógrafos (AR-240), fueron adquiridos en el año de 1965 y 1967 por la Caja Costarricense del Seguro Social e instalados uno de ellos en el edificio central de la Caja (avenida segunda) y el otro en el Hospital México. Dichos instrumentos continuaron funcionando en sus respectivos lugares, pero sus datos no han sido hasta ahora aprovechados.

Los estudios sismológicos y el viejo acelerógrafo Montana, pasan del Servicio Meteorológico a la Dirección de Geología, Minas y Petróleo en 1970.

La creación y apertura de los cursos de geofísica, de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica en 1970, será uno de los acontecimientos importantes en el futuro desarrollo de la sismología en Costa Rica. Debido al

interés y diligencias del Dr. César Dóndoli, director y fundador de la Escuela de Geología y exdirector de la Dirección de Geología, Minas y Petróleo, se logró transferir el equipo sismológico de esta última institución, a la Escuela de Geología en 1971.

En su informe de junio de 1972, el Dr. Manuel Maldonado Cordel, experto de la Organización de Estados Americanos, recomienda a la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica, como sede para Centroamérica del Centro Participante del Programa Multinacional de Ciencias de la Tierra (Sismología y Vulcanología) (69).

Durante esta etapa la sismología ha alcanzado un mayor desarrollo mundial, tanto en las observaciones sismográficas y procesamiento de datos, como en el conocimiento de los fenómenos al interior de la Tierra.

#### Etapa V: 1973—mayo 1985

El terremoto que destruyó Managua el 23 de diciembre de 1972 ( $M = 6,2$ ) y el terremoto de Tilarán del 4 de abril de 1973 ( $M = 6,5$ ), van a servir de catalizador para desarrollar las observaciones y los estudios sismológicos en nuestro país.

Con el apoyo de la Organización de Estados Americanos (OEA), la Escuela Centroamericana de Geología organiza en 1973 una red de estaciones sismológicas alrededor del Valle Central, contando con la asesoría de expertos internacionales para la calibración de equipos, capacitación de personal y cursos regulares de sismología. Mediante dos becas para estudios de posgrado (maestría) en geofísica con especialidad en sismología, se logró tener personal bien capacitado para la enseñanza e investigación sismológica.

Para disminuir las posibilidades de pérdidas por terremotos, el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos estableció una comisión que preparó un borrador del "código sísmico", el cual fue aprobado en enero de 1974 (70). Paralelamente, la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica desarrolla actividades docentes y de investigación en ingeniería sismo-resistente, complementándose con el interés y dedicación de ciertas empresas privadas en el campo del diseño y la construcción.

El departamento de Geología del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), en colaboración con la Universidad de Texas, establecieron en

1974 una red de estaciones sismológicas telemétricas en la región de la laguna de Arenal (71) y sus alrededores, donde se desarrollaría el gran proyecto hidroeléctrico de Arenal. Esta red se extendió hasta cubrir desde el Volcán Arenal, hasta la península de Nicoya, con una muy buena resolución para la sismicidad del noroeste del país, pero lamentablemente duró pocos años.

En el año de 1974 llegó al país el sismólogo japonés Dr. Setumi Miyamura, quien se preocupó por estudiar la sismicidad del país, por orientar y colaborar con quienes trabajábamos en el campo de la sismología, tanto en la Universidad de Costa Rica como en el Departamento de Geología del ICE.

La Escuela Centroamericana de Geología con el apoyo del Instituto Panamericano de Geografía e Historia de la OEA, organiza en la Universidad de Costa Rica el primer seminario latinoamericano sobre "riesgo sísmico y volcánico" en julio de 1975. Dicho evento constituyó un éxito y un estímulo para seguir adelante.

La sección de Sismología y Vulcanología de la Escuela de Geología UCR, publica su primer boletín sismológico en setiembre de 1975 para intercambio de datos con otros centros sismológicos internacionales.

A fin de satisfacer el interés de los medios de comunicación, estudiantes y público en general, se publica un boletín mensual para la divulgación de los temblores sentidos y de la actividad volcánica en general, a partir de julio de 1976. Los dos boletines, el sismológico y el de divulgación, continúan publicándose regularmente.

El Colegio de Geólogos organizó un seminario sobre la investigación sismológica en Costa Rica, en abril de 1976, con sede en la UCR, donde se dan a conocer los programas, avances de los proyectos y los resultados obtenidos a escala nacional en el campo de la sismología y la ingeniería sismo-resistente.

Con el programa de cooperación entre la Escuela de Geología y la OEA, se logró para el año 1976 obtener nuevos equipos y la llegada de dos expertos, el Dr. James Dewey y el especialista en equipos sismológicos, Ing. William Strahle. En colaboración con el Dr. Dewey, se puso en marcha un programa de computación (HYPO-71) para localizar hipocentros y otros datos sobre los temblores, con lo que se logran las primeras localizaciones instrumentales por computadora en Costa Rica. El ingeniero Strahle y el técnico de la sección ins-

taloron las nuevas estaciones de San Ramón (tres componentes) y Volcán Poás (una componente), mejoran y calibran las estaciones sismográficas de San José (UCR) (tres componentes), Sanatorio Durán (tres componentes) y la Lucha (tres componentes), con lo cual se logra expandir y mantener en correcta operación la red sismológica del Valle Central, a la que se agrega un acelerógrafo (SMA-1) instalado en la planta baja de la escuela, los dos de la Caja y dos (SMA-1) en el nuevo edificio del Instituto Nacional de Seguros (INS), a los que la sección prestaría servicios técnicos para su mantenimiento y operación.

En el año de 1977 es aprobada una ley que le da carácter legal al código sísmico. Durante este mismo año, el INS contrata un estudio sobre el seguro contra terremoto, el cual es presentado por Sauter y asociados en setiembre de 1978 y, después de unos años, se tiene la cobertura contra terremoto.

El profesor Miyamura vuelve a Costa Rica en 1978 y colabora estrechamente con la Sección de Sismología en la UCR.

Por acuerdo del Consejo Universitario de la UCR, se crea el Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), en febrero de 1979, como una unidad de investigación científica interdisciplinaria, una de cuyas actividades es la sismología.

Con estaciones sismográficas portátiles de alta ganancia (MEQ-800), a partir de 1979 en la sección de Sismología y Vulcanología de la UCR, se iniciaron estudios sobre la actividad de microtemblores en áreas tectónicas y volcánicas de interés, sobre todo en los alrededores del Valle Central.

Durante los meses de noviembre y diciembre de 1980, la sección de Sismología y Vulcanología de la Escuela de Geología de la UCR, en colaboración con especialistas italianos de la Universidad Nacional (UNA), coloca una red de estaciones sismográficas portátiles en el cráter del Volcán Poás y se obtienen así las primeras localizaciones instrumentales de temblores en este macizo volcánico.

Un programa de colaboración institucional para la observación sismológica del país se pone en marcha en 1982. Participan el departamento de Geología del ICE, el programa de investigaciones vulcanológicas de la Escuela de Geografía de la UNA, y la sección de Sismología y Vulcanología de la Escuela Centroamericana de Geología de la UCR. Se crea así la llamada "red sismológica nacional" (RSN), ICE-UNA-UCR, con estaciones

distribuidas de modo tal que permiten una cobertura de la sismicidad del país. Dicha red integraba personal y equipos en un esfuerzo conjunto y minimizaba costos, pero lamentablemente, por mezquindades y oportunismo, ante la aparición de un proyecto de la Universidad de California, Santa Cruz (UCSC), financiado por la Agencia Interamericana de Desarrollo (AID), los representantes de la UNA negociaron al margen del grupo tripartita y se retiraron (julio 1983) para trabajar solos con el proyecto de la UCSC.

Como resultado de lo anterior, tenemos hoy día dos redes de estaciones sismográficas en el país; la que mantiene en operación conjunta el ICE y la UCR (RSN), y la de la UNA-UCSC, que empezó a funcionar a partir de abril de 1984. Por otra parte, el Instituto de Investigaciones en Ingeniería de la UCR (INII) logra, al amparo del proyecto de la UCSC, instalar una pequeña red de acelerógrafos (SMA-1), en sitios estratégicos del país y se espera que continúe trabajando y coordinando todo lo relacionado con acelerógrafos, de los cuales el ICE posee otra pequeña red.

Durante el año de 1983 se presentó una crisis sísmica, donde el violento temblor del sábado santo del 2 de abril (Osa-Golfito) y el terremoto de División Buenavista (Pérez Zeledón), fueron los eventos sísmicos más notables (72).

La sección de Sismología y Vulcanología de la Escuela de Geología de la UCR, ha recibido la colaboración y ayuda de la Agencia Internacional Japonesa de Cooperación (JICA), con becas de entrenamiento (1975, 1984 y 1985), envío de expertos (1975, 1978 y 1982) y donaciones de modernos equipos e instrumental sismológico, incluyendo un microprocesador (1982 y 1984).

Durante esta corta etapa, se ha avanzado más que en todas las anteriores juntas. El desarrollo tecnológico, secciones y centros dedicados a la observación e investigación sismológica en las universidades, el interés de colegios profesionales (Geólogos y Federado de Ingenieros y Arquitectos) y de instituciones como el ICE, y empresas comprometidas en el diseño y construcción de obras civiles sismo-resistentes, han contribuido en este nuevo impulso a la sismología.

Existe hoy día un buen número de publicaciones sobre los fenómenos sísmicos que afectan a Costa Rica, tanto en revistas nacionales como internacionales, reflejando así el interés y el espíritu científico de que goza hoy la sismología en Costa Rica.

## NOTAS

- (1) Hartmut Seyfried, Peter Sprechmann. *Acerca de la formación del puente-istmo centroamericano meridional, con énfasis en el desarrollo acaecido desde el campaniense al eoceno*. Revista Geológica de América Central 2: (San José, 1985); 63-87.
- (2) León Fernández. *Historia de Costa Rica*. (2da. edición. San José; Editorial Costa Rica, 1975). p. 18-68.
- (3) Carlos Meléndez. *Costa Rica: tierra y poblamiento en la colonia*. (2a. Edición. San José: Editorial Costa Rica, 1978), p. 34-52.
- (4) Ferdinand de Montessus de Ballore. *Temblores y erupciones volcánicas en Centro América*. (1a. Edición. San Salvador; Imprenta del doctor Francisco Sagrini, 1884), 246 pp.
- (5) Bernardo A. Thiel y otros. *Población de Costa Rica y orígenes de los costarricenses*. (1a. Edición. San José: Editorial Costa Rica, 1977). p. 67.
- (6) León Fernández. *Op. cit.*, p. 79.
- (7) *Ibid.*, p. 91.
- (8) *Ibid.*, p. 98.
- (9) Cleto González Víquez. *Temblores, terremotos, inundaciones y erupciones volcánicas en Costa Rica, 1608-1910*. (1a. Edición. San José: Tipografía de Ave-lino Alsina, 1910), p. 1.
- (10) *Ibid.*, p. 1.
- (11) *Ibid.*, p. 2.
- (12) León Fernández. *Op. cit.*, p. 153.
- (13) *Ibid.*, p. 156-161.
- (14) Cleto González. *Op. cit.*, p. 10.
- (15) León Fernández. *Op. cit.*, p. 187.
- (16) *Ibid.*, p. 199.
- (17) Cleto González. *Op. cit.*, p. 17.
- (18) *Ibid.*, p. 199.
- (19) *Ibid.*, p. 22.
- (20) Jorge A. Gutiérrez. *Earthquake Engineering activities in Costa Rica: A review*. Earthquake Information Bulletin, V. 14. (January-February, 1982), 26-29.
- (21) Cleto González. *Op. cit.*, p. 26.
- (22) *Ibid.*, p. 27.
- (23) *Ibid.*, p. 28.
- (24) Luis Felipe González. *Historia de la influencia extranjera en el desenvolvimiento educacional y científico de Costa Rica*. (1a. Edición. San José: Editorial Costa Rica, 1976), p. 81.
- (25) Francisco Kurtze, Fernando Streber. *Temblores de tierra*. En Cleto González. *Op. cit.*, p. 161-168.
- (26) Cleto González. *Op. cit.*, p. 36.
- (27) *Ibid.*, p. 41.
- (28) Luis Felipe González. *Op. cit.*, p. 43.
- (29) Cleto González. *Op. cit.*, p. 43.
- (30) Luis Felipe González. *Op. cit.*, p. 88.
- (31) Cleto González. *Op. cit.*, p. 57.
- (32) *Ibid.*, p. 47.
- (33) Markus Bath. *Introduction to sismology*. (1a. Edición. Basel: Birkhauser Verlag, 1973), p. 17.
- (34) Amán Rosales Caamaño. *Comunicación escrita*. (37) Leslie Herbert-Gustar, Patrick A. Nott. *Was seismology lucky to acquire John Milne?* Earthquake Information Bulletin, V. 15 (September-October, 1983), p. 169.
- (38) Cleto González. *Op. cit.*, p. 54.
- (39) Henri Pittier. En Cleto González. *Op. cit.*, p. 52-59.
- (40) *Ibid.*, p. 62-67.
- (41) Henri Pittier. *Plantas usuales de Costa Rica*. 2a Edición. San José: Editorial Costa Rica, 1978), p. 23.
- (42) Amán Rosales. *Comunicación escrita*.
- (43) En Cleto González. *Op. cit.*, p. 69-75.
- (44) *Ibid.*, p. 76-81.
- (45) Setumi Miyamura. *Sismicidad de Costa Rica*. (1a. Edición. San José. Editorial Universidad de Costa Rica, 1980), p. 10.
- (46) Henri Pittier, en Cleto González. *Op. cit.*, p. 104-108.
- (47) *Ibid.*, p. 107.
- (48) Cleto González. *Op. cit.*, p. 114.
- (49) José Fidel Tristán, en Cleto González. *Op. cit.*, p. 125-129.
- (50) Anastasio Alfaro, en Cleto González. *Op. cit.*, p. 182-192.
- (51) Cleto González. *Op. cit.*, p. 157-158.
- (52) Luis Felipe González. *Op. cit.*, p. 281.
- (53) Gustavo Michaud, en Cleto González. *Op. cit.*, p. 144.
- (54) *Ibid.*, p. 142.
- (55) José Fidel Tristán. *Apuntes sobre el temblor del 25 de agosto*. Anales del Centro de Estudios Sismológicos de Costa Rica. (1a. Edición. San José: Tipografía Nacional, 1911), p. 43.
- (56) Anales del Centro de Estudios Sismológicos de Costa Rica. (1a. Edición. San José: Tipografía Nacional, 1911), p. 3-4.
- (57) José Fidel Tristán: *The Costa Rica earth quake of February 27, 1916*. Bulletin of the Seismological Society of America, V. 1. (1916), 232-235.
- (58) José Fidel Tristán, Ricardo Fernández P. *Temblores registrados en el Observatorio Nacional durante 1920*. En Setumi Miyamura. *Op. cit.*, p. 170.
- (59) Leslie Herbert-Gustar, Patrick A. Nott. *Op. cit.*, p. 175.
- (60) Markus Bath. *Op. cit.*, p. 22.
- (61) José Fidel Tristán, Anastasio Alfaro. En Cleto González. *Op. cit.*, p. 182-194.
- (62) Luis Diego Morales. *Riesgos geológicos asociados con terremotos en los alrededores del Golfo de Nicoya*. Brenesia 21: (San José, 1983), 93-117.
- (63) César Dóndoli. *Comunicación verbal*.
- (64) César Dóndoli. *Comunicación verbal*.
- (65) Elliot Coen París. *Comunicación verbal*.
- (66) Amán Rosales. *Comunicación escrita*.
- (67) Setumi Miyamura. *Op. cit.*, p. 57.
- (68) César Dóndoli. *Comunicación verbal*.
- (69) Escuela Centroamericana de Geología. Informe del proyecto de asistencia técnica en geofísica para 1973-1974.
- (70) Jorge Gutiérrez. *Op. cit.*, p. 26.
- (71) Walter Montero. *Seismological programs in Costa Rica*. Earth quake Information Bulletin, V. 15. (January-February, 1983), 11-15.

- (72) Luis Diego Morales, Walter Montero. *Los temblores sentidos en Costa Rica durante: 1973-1983, y su relación con la sismicidad del país.* Revista Geológica de América Central 1: (San José, 1984), 29-56.