

## 8. Terremotos y sismología

### 8.1. Primeros estudios sobre los terremotos

La sismología, ciencia que estudia los terremotos, sus causas y la propagación de sus ondas en el interior de la Tierra, ha recibido una especial atención por parte de los científicos jesuitas, hasta el punto que algunos la han llamado “la ciencia de los jesuitas”<sup>1</sup>. Los trabajos de los jesuitas de los siglos XVII y XVIII forman un primer capítulo de la dedicación a estos estudios. Cuando se crean los primeros colegios jesuitas a finales del siglo XVI, la explicación de los terremotos y los volcanes estaba contenida en el libro segundo del tratado *Meteorologica* de Aristóteles, cuyo comentario formaba parte de los estudios de filosofía en los colegios y universidades. El comentario más usado en los colegios jesuitas fue el escrito por los profesores del colegio de Coimbra, obra conocida como *Conimbricensis*, publicada en 1593. La explicación sobre los terremotos está contenida en el Tomo tercero, Tratado 11 y sigue las ideas de Aristóteles con algunas modificaciones. Según Aristóteles los terremotos son producidos por los vientos encerrados en cavidades de la Tierra, que al salir producen su sacudida. Se puede considerar esta doctrina como la oficial de los jesuitas sobre los terremotos, entre los siglos XVI y XVIII. Kircher en su libro *Mundus subterraneus* (1664) elabora de distinta manera esta doctrina y relaciona los terremotos con los conductos de aire y fuego (*aerophilacions* y *pyrophilacions*), que él sitúa en el interior de la Tierra. Además, añade a la explicación aristotélica el efecto explosivo de material inflamable en el interior de la Tierra y compara los terremotos con las explosiones en las minas. Como ejemplo presenta una descripción del terremoto del 6 de Abril de 1667 que destruyó la ciudad de Ragusa (Dubrovnik), causando entre 5000 y 6000 muertos. El origen explosivo de los terremotos había sido propuesto en Inglaterra en 1648 por Martin Lister y en Francia en 1700 por Nicolas Lemery. Esta idea fue apoyada por Newton y Buffon y sustituía en los autores de la ciencia moderna a la explicación aristotélica. En el siglo XVIII, algunos jesuitas incorporaron las nuevas ideas sobre el origen de los terremotos en sus obras. Italia es en Europa junto con Grecia de los países más propensos a los terremotos. No es de extrañar que varios jesuitas italianos dedicaran obras a su estudio. Michele de Bono (1697-1775), profesor del colegio de Palermo compuso una obra sobre el origen de los terremotos: *Discorso sull'origine di terremoti* (Discurso sobre el origen de los terremotos, 1750). Belgrado, profesor del colegio de Parma, describe un terremoto de esta ciudad en 1738 y especula sobre sus causas. Sobre los terremotos de Sicilia y Calabria, una de las regiones más sísmicas de Italia, escribieron Julio Cesar Recupito (1581-1647), Giuseppe Giulio (1747-1832) y Francesco Gusta. Fuera de Italia, Jean Baptista Grossinger (1728-1803), profesor del Colegio de Nobles de Viena, publicó en 1738 una obra sobre los terremotos de Hungría.

El terremoto de Lisboa del 1 de Noviembre de 1755, seguido de un gran tsunami, causó la destrucción de Lisboa, daños y víctimas en las costas occidentales de Portugal, España y Marruecos y fue sentido en gran parte de Europa. Este terremoto motivó un renovado interés por el estudio de estos fenómenos, y marca un hito en la historia de la sismología, sobre todo, con la propuesta del físico inglés John Michell en 1760 de la idea fundamental de la propagación del movimiento de los terremotos en forma de ondas en la tierra. El terremoto suscitó también en Europa un debate filosófico y teológico en el que intervinieron, entre otros, Immanuel Kant y Voltaire. Los jesuitas

no estuvieron ausentes de la interpretación de este suceso. El caso más trágico fue el del jesuita italiano Gabriel Malagrida (1689-1761), misionero en Brasil, que de vuelta en Portugal, insistió después del terremoto, en sus sermones y su libro, *Juizo da verdadera causa do terremoto* (Juicio de la verdadera causa del terremoto, 1756), en que el terremoto había sido un castigo de Dios. Sus pronunciamientos provocaron la enconada enemistad del poderoso Sebastião Jose de Carvalho, Marqués de Pombal, Primer Ministro el Rey de Portugal, que le acusó de estar aterrorizando a la gente con sus sermones y llevándola a la pasividad lo que dificultaba la recuperación de la ciudad. En realidad, parece ser que el motivo estaba más en las críticas que Malagrida había hecho antes a la política colonial en Brasil llevada por el Capitán General, hermano de Pombal y la influencia que había tenido en la corte como confesor de la Reina Madre. Malagrida fue primero desterrado a Setubal, relacionado con un atentado al Rey, y puesto en prisión en 1759. Juzgado como hereje por la Inquisición fue ejecutado en Lisboa en 1761. Entre los jesuitas que escribieron sobre los efectos del terremoto de Lisboa se encuentra José de Mesa (1705-1784), profesor del colegio de Cádiz, que describe con detalle el avance del mar producido por el tsunami en esta ciudad. Muy alejado de Lisboa, Stepling observó los cambios debidos al terremoto en las fuentes termales de Tepliz cerca de Praga y planteó una serie de preguntas sobre el origen de los terremotos (*Fragen über das Erdbeben*, Preguntas sobre el terremoto, 1784). Gaspar Sagner (1720-1781), profesor de matemáticas en Praga, tomó también ocasión de este terremoto para publicar un tratado sobre las causas de los terremotos (*Discursus de terrae motus causa*, Discurso sobre la causa del terremoto, 1756). Otros jesuitas que escribieron sobre los terremotos, después del de Lisboa, fueron: el profesor de la universidad de Heidelberg, Johann Schwab (1731-1795) en 1783 y el portugués Antonio Pereyra (1693-1770), este último publicó en 1783 una obra sobre la destrucción y el incendio de Lisboa causada por el terremoto de 1755.

América Central y del Sur son regiones propensas a la ocurrencia de grandes terremotos. Los jesuitas que escribieron sobre la historia natural de estas regiones, que vimos en el capítulo 6, dedicaron capítulos a la descripción de estos grandes terremotos. Acosta, en su *Historia natural* (Libro 3, Cap. 26), trata de los volcanes y los terremotos. Empieza negando que estos fenómenos estén siempre relacionados, como decía la doctrina tradicional, pues en América se dan grandes terremotos en zonas donde no hay volcanes. En cuanto a su origen, se mantiene en la teoría aristotélica. De más interés son sus observaciones sobre algunos de estos fenómenos de los que describe un gran terremoto en Chile del que no da el año (1575), y dos en Perú, 1582 en Arequipa y 1586 en Lima, y el tsunami que siguió a los de Chile y Lima. Sobre este último dice que “pasado el temblor de tierra salir ella (la mar) muy brava de sus playas y entrar en la tierra adentro cuasi dos leguas, porque subió mas de catorce brazas y cubrió toda aquella playa”. Concluye que los terremotos son más frecuentes en tierras marítimas y en años de muchas lluvias y lo justifica diciendo que el agua tapona la salida de los vientos encerrados en las cavidades de la tierra y cuya salida produce los terremotos. Cobo en su *Historia del nuevo mundo*, tiene un capítulo sobre los terremotos de Perú (Libro 3, Cap. 20) en el que presenta una descripción detallada del terremoto de Arequipa de 24 Noviembre 1604, que considera el mayor que ha sucedido. El terremoto fue seguido por un tsunami, que inundó la costa subiendo el nivel del mar 20 metros. Cita los terremotos de Lima de 1606 y 1609, Trujillo 1619, Cuzco 1650 y Santiago de Chile 1647. A partir de su experiencia concluye también que los terremotos suceden más frecuentemente cerca de la costa. Juan González Chaparro (1581-1651) describe con detalle el terremoto que destruyó Santiago de Chile el 3 de Mayo de 1647. Descripciones de otros terremotos de Chile se encuentran en las historias de Ovalle y

Rosales. Pedro Lozano (1697-1759), profesor del Colegio de Córdoba (Argentina) escribió sobre el terremoto de Lima del 28 de Octubre 1746 que destruyó la ciudad y fue seguido de un tsunami que inundó el puerto del Callao. Sobre el mismo terremoto escribió en Alemania Joseph Pfriem (1711-) profesor en los colegios de Maguncia, Bamberg y Spira, basándose en las noticias recibidas de los misioneros de Perú.

## 8.2. Las primeras estaciones sismológicas en Europa

La sismología es una ciencia relativamente moderna que comienza a finales del siglo XIX con el desarrollo de los primeros sismógrafos, instrumentos para detectar y registrar el movimiento de la tierra producido por los terremotos. Los primeros instrumentos se desarrollaron en Italia y Japón, dos países sísmicamente activos. Entre los primeros sismólogos, pioneros de esta ciencia, se cuenta a mediados del siglo XIX a Robert Mallet y John Milne y a principios del XX a Emil Wiechert (Alemania), Harold Jeffreys (Inglaterra), Boris Galitzin (Rusia), Beno Gutenberg (Estados Unidos) y Fusakichi Omori (Japón). Entre 1880 y 1920 se extendió la instalación de estaciones sismológicas por todo el mundo. La instalación de los primeros sismógrafos por los jesuitas está relacionada con los observatorios que vimos en el capítulo 6. El primero de estos instrumentos instalado en Europa en un observatorio jesuita fue en el Observatorio Tusculano, Frascati, por Giovanni Egidi (1835-1897) en 1888. El instrumento construido por el mismo Egidi era un sismoscopio, todavía sin registro gráfico. Egidi colaboró con el sismólogo italiano Michele Stefano de Rossi en observaciones sismológicas que se publicaron en el *Bulletino del Vulcanismo Italiano*. En 1908 se instalaron en el observatorio dos instrumentos del tipo Cancani y Agammenone donados por el *Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica* de Roma.

En 1902 empezaron a funcionar en el Observatorio de Cartuja (Granada) dos sismógrafos Vicentini y Stiattesi, entre los primeros instalados en España. Situada en la zona más sísmica de la península, la estación sismológica adquirió pronto una gran importancia. En 1908 se encargó de la estación sismológica Manuel Sánchez Navarro-Neumann (1867-1941), que fue director del observatorio de 1915 a 1931<sup>2</sup>. Navarro-Neumann fue uno de los grandes sismólogos españoles. La falta de fondos para adquirir nuevos instrumentos le obligó a diseñar y construir él mismo nuevos instrumentos sismológicos, utilizando como modelos los producidos en Alemania por Mainka y Wiechert y llegó a construir uno de gran masa de 3000 kg con una amplificación del movimiento del suelo de 1000 veces, valor excepcional para un sismógrafo mecánico. En 1924 construyó dos sismógrafos electromagnéticos del tipo que acababa de ser desarrollado en Rusia por Galitzin y que sustituía a los mecánicos. Entre sus trabajos sismológicos destacan sus estudios sobre los terremotos del sur de España. En 1917 y 1921 publicó el primer catálogo moderno de terremotos de la península Ibérica. Ante la falta de obras sobre este tema, publicó el primer libro en español sobre los terremotos y sus efectos: *Terremotos, sismógrafos y edificios* (1916). Su sucesor fue Antonio Due Rojo (1898-1975) que procuró mantener el funcionamiento de la estación sismológica en los difíciles años después de la guerra civil española. Due Rojo continuó la labor de Navarro-Neumann y publicó estudios de sismicidad del sur de España y de terremotos sucedidos en la región. La carencia de fondos, que impedía la renovación de la instrumentación, y el desarrollo del servicio sismológico estatal, hizo que la importancia del observatorio fuera disminuyendo. Otra estación sismológica se instaló en el Observatorio del Ebro en 1904 inicialmente con sismógrafos Vicentini. La

instrumentación se fue renovando a lo largo de los años y la estación continúa hoy en funcionamiento.

Un caso curioso fue la instalación en Irlanda, un país donde apenas se dan terremotos, de una estación sismológica en 1908. La estación estaba en *Mungret College*, cerca de Limerick y tenía dos sismógrafos horizontales Bosch-Omori. En 1911, William J. O'Leary (1869-1939), profesor de física del colegio, construyó un sismógrafo de su propio diseño, consistente en un péndulo invertido de 600 kg de masa sostenido por tres cables, que registraba el movimiento horizontal en dos componentes. En 1915, O'Leary trasladó su sismógrafo a Rathfarnham Castle, donde estaba la Facultad de Filosofía para estudiantes jesuitas, y construyó otro del mismo tipo con una masa mayor de 1500 kg. En 1929 O'Leary se trasladó a Australia donde fue director del Observatorio de Riverview. En 1935 se encargó de la estación de Rathfarnham Castle, Richard E. Ingram (1916-1967) que había estudiado matemáticas en el *University College Dublin*, obtuvo su doctorado en matemáticas en la Universidad de John Hopkins (Baltimore) y especializado en sismología en el *California Institute of Technology* (Pasadena)<sup>3</sup>. Ingram renovó la instrumentación de la estación sísmica, pero estaba más interesado en las matemáticas y los aspectos teóricos de la sismología sobre los que publicó algunos artículos sobre la propagación de ondas sísmicas y el mecanismo de los terremotos. Fue profesor de matemáticas en *University College Dublin*, y contribuyó a la promoción de la enseñanza de las matemáticas en Irlanda. Participó en la edición de las obras matemáticas de William R. Hamilton. En 1962 se trasladó a la Universidad de Georgetown, donde fue profesor de matemáticas y colaboró en problemas sismológicos con el *U.S. Coast and Geodetic Survey* y el *Dominion Observatory* del Canadá. La estación Rathfarnham Castle se cerró a su muerte en 1967.

En Stonyhurst se instaló en 1909 un sismógrafo horizontal tipo Milne, en 1920 un sismógrafo horizontal Wiechert y en 1924 dos sismógrafos más del tipo Milne-Shaw, pero hay muy poco datos de su funcionamiento. A pesar de la instrumentación que poseía, el trabajo se redujo a puramente al de observación y la estación dejó de funcionar en 1947, cuando el observatorio fue oficialmente cerrado. En el observatorio de la isla de Jersey se instaló un sismógrafo horizontal Mainka en 1920, que funcionó durante el tiempo que estuvieron encargados del observatorio los jesuitas. Entre 1924 y 1928 funcionó un sismógrafo horizontal tipo Conrad en el Colegio-Seminario de Travnik en Bosnia. En conclusión, en Europa la única estación sismográfica en la que se llevó a cabo investigación sismológica fue la de Cartuja, sobre todo con los trabajos de Sánchez Navarro-Neumann, verdadero pionero de la sismología en España. En el Observatorio del Ebro, a pesar de poseer una buena instrumentación sismológica, nunca se pasó del trabajo de pura observación. Los trabajos teóricos de sismología de Ingram no estuvieron relacionados con la estación misma de Rathfarnham Castle.

### **8.3 Sismología en América del Norte. La Jesuit Seismological Association.**

Odenbach, como ya vimos, había instalado una estación meteorológica en *Saint Ignatius College* (hoy Universidad de John Carroll) en Cleveland en 1895. En 1900 empezó a interesarse por la sismología e instaló dos sismómetros de construcción propia. Odenbach se dio cuenta de la publicidad que atraían las noticias sobre terremotos en los periódicos y pensó que los jesuitas podían aprovechar este hecho para dar a conocer sus colegios y universidades. De esta forma contribuiría a aumentar el prestigio de las instituciones educativas católicas, no bien consideradas en aquellos tiempos en Norteamérica. Teniendo en cuenta el número y la distribución geográfica de las instituciones universitarias jesuitas en Estados Unidos, consideró que en ellas se

podía instalar una verdadera red sismológica de nivel continental. Dado que en aquella época las estaciones sismológicas poseían una instrumentación muy variada con diferentes tipos de instrumentos, Odenbach pensó que sería una novedad importante el que las estaciones de la red, que él concebía, tuvieran todos los mismos instrumentos. En 1908 propuso este proyecto a los superiores y los presidentes de las universidades y *colleges* jesuitas. En la carta de presentación del proyecto insistía en el gran beneficio que de él resultaría para la Compañía de Jesús y para la Iglesia. El carácter apologético del proyecto se reflejaba también al insistir en que serviría para bien de la Iglesia, que era denunciada como enemiga de toda ilustración y progreso científico moderno. La respuesta fue positiva y 15 universidades y colleges se apuntaron al proyecto: Cleveland (Ohio), Georgetown (Washington, D. C.), Brooklyn (Nueva York), Fordham (Nueva York), Worcester (Massachusetts), Buffalo (Nueva York), Spring Hill (Alabama), New Orleans (Louisiana), Saint Louis (Missouri), Chicago (Illinois), Milwaukee (Wisconsin), St. Mary's (Kansas), Denver (Colorado), Santa Clara (California), Spokane (Washington), más una estación en Canadá en Saint Boniface (Manitoba). La distribución cubría todo el continente de Norte América de norte a sur y de este a oeste. Como instrumento uniforme se eligió el sismógrafo horizontal Wiechert, que se fabricaba en Alemania y se consideraba entre los más modernos de la época y asequible de precio.

La organización se formalizó en 1911 con el nombre de *Jesuit Seismological Service* (JSS, Servicio Sismológico Jesuita) y se instalaron los instrumentos en las 16 estaciones<sup>4</sup>. Cleveland se constituyó como la estación central, a donde las otras estaciones mandaban las observaciones. La estación central se ocupaba de procesar y mandar las observaciones al centro de datos sismológico internacional (*Bureau Central International de Seismologie*) que se había creado en 1906 en Estrasburgo. El JSS formaba, en realidad, la primera red sismológica de nivel continental con instrumentación uniforme. En aquella época el gobierno de Estados Unidos no poseía una red sismológica semejante y solo había un total de 44 estaciones sismológicas en funcionamiento, por lo que un tercio eran las de la JSS. Lo que parecía un principio prometedor vino pronto a fracasar. Un punto de roce fue la colaboración de las estaciones con entidades gubernamentales, que prometían fondos, y a lo que Odenbach se oponía mientras que Francis Tondorf (1870-1929) en Georgetown la favorecía y mantenía buenas relaciones con ellas<sup>5</sup>. A finales del mismo año 1911, Odenbach renunció a la coordinación y planteó que las estaciones continuaran funcionando independientemente y mandaran sus observaciones directamente a Estrasburgo. Este fue el final de este primer intento.

En 1925, James B. Macelwane, del que hablaremos en el próximo capítulo, después de obtener su doctorado en la Universidad de California, Berkeley, volvió a la Universidad de Saint Louis como director del Departamento de Geofísica. Macelwane empezó enseguida a pensar en la posibilidad de resucitar el proyecto de Odenbach. Mientras tanto algunas estaciones habían cesado, pero otras, como las de Denver, Georgetown, Spring Hill y Saint Louis, seguían funcionando y publicaban sus observaciones. En especial, la estación de Georgetown, bajo la dirección de Tondorf, había modernizado la instrumentación con sismógrafos electromagnéticos Galitzin, que acababan de desarrollarse en Rusia. Macelwane recibió ánimos de Sánchez Navarro-Neumann desde Cartuja, que ya tenía un prestigio internacional y consideraba que el proyecto merecía la pena. También recibió el apoyo de varias instituciones de Estados Unidos como la *Carnegie Institution* y el *National Research Council*. Por fin en 1925, en una reunión de los cuatro provinciales jesuitas de Norteamérica se aprobó la reorganización de las estaciones adoptando el nuevo nombre de *Jesuit Seismological*

*Association* (JSA), con la estación central en Saint Louis y Macelwane como presidente<sup>6</sup>. Las estaciones que participaban eran Saint Louis (Missouri), Cleveland (Ohio), Georgetown (Washington, D. C.), Brooklyn (Nueva York), Fordham (Nueva York), Worcester (Massachusetts), Buffalo (Nueva York), Cincinnati (Ohio), Spring Hill (Alabama), New Orleans (Lousiana), Chicago (Illinois), Milwaukee (Wisconsin), St. Mary's (Kansas), Denver (Colorado), Santa Clara (California), San Francisco (California) y Spokane (Washington). La estación central de Saint Louis se ocupaba no solo de recolectar los datos de todas las estaciones, sino a partir de estas observaciones y las de otras estaciones determinar los epicentros de los terremotos y publicar los resultados en un Boletín que tenía una amplia difusión por todo el mundo. La JSA estableció un convenio con el *United States Coast and Geodetic Survey* que recibía los datos de las estaciones e independientemente determinaba también los epicentros de los terremotos. Con este servicio, bajo la dirección de Macelwane, se ampliaban las funciones de la JSA colocándose a la vanguardia de la sismología. Este servicio se continuó realizando hasta 1963, cuando otras instituciones en Estados Unidos, en especial, el *National Earthquake Information System* (NEIS) y agencias internacionales como el *International Seismological Center* (ISC) en el Reino Unido se ocuparon de proporcionarlo. La mayoría de las estaciones de la JSA con el tiempo fueron renovando su instrumentación y continuaron en funcionamiento hasta los años 1980; algunas de ellas siguen hoy haciéndolo. En 1962 las estaciones de Georgetown, Saint Louis y Spring Hill fueron elegidas para formar parte de la red establecida por el Gobierno de Estados Unidos por todo el mundo, conocida como *World Wide Standard Seismographic Network* (WWSSN, Red Mundial Sismográfica Estandar), que funcionó hasta 1990. Esta red consistía en 125 estaciones con la misma instrumentación de sismógrafos de periodo corto y largo de última generación, y tenía como cometido vigilar la ocurrencia de explosiones atómicas subterráneas durante la guerra fría. Esta elección muestra la confianza que se tenía por parte del Gobierno de Estados Unidos en el funcionamiento de las estaciones de la JSA y el trabajo de los jesuitas en sismología.

Dentro del contexto de la JSA, varios jesuitas norteamericanos destacaron por sus trabajos de sismología. Joseph Lynch (1894-1987) fue director de la estación sismológica de Fordham entre 1920 y 1923 y después por casi 50 años de 1928 a 1977. Lynch se preocupó de ir modernizando la instrumentación de la estación con nuevos equipos. Era un observador cuidadoso que realizó varios estudios sismológicos. En 1946, se desplazó a la República Dominicana para estudiar el gran terremoto que había sucedido ese año y había causado daños severos en la capital, Santo Domingo. Gracias a sus indicaciones, se instaló allí una estación sismológica, ya que no había ninguna, y un joven ingeniero se formó en Fordham para dirigirla. Lynch trabajó en problemas sismológicos y publicó un interesante relato de las memorias de su larga carrera como sismólogo<sup>7</sup>.

Daniel Linehan (1904-1987) fue director del *Weston Seismological Observatory*, que formaba parte de la universidad jesuita, *Boston College* (Masachussetts), de 1950 a 1974<sup>8</sup>. Había estudiado física en *Boston College* y geología en la Universidad de Harvard. A su vuelta a *Boston College*, creó en 1948 el Departamento de Geofísica, del que fue director y profesor de geofísica hasta 1963. En el Departamento se formaron varios jesuitas que luego trabajaron en otros observatorios. Amplió el Observatorio con una red sísmica en el noreste de Estados Unidos, que entre 1955 y 1980, se amplió de 6 a 30 estaciones. En 1940 instaló una estación sismográfica en Jamaica que funcionó hasta 1975. El observatorio continúa hoy como una institución de investigación sismológica perteneciente a *Boston College*. Entre los primeros estudios de Linehan está el de la fase T de los terremotos con epicentro marino. Interesado por los aspectos

prácticos de la sismología entró en contacto con las empresas de petróleo que le proporcionaron equipos de prospección sísmica, con los que realizó numerosos estudios sobre la estructura superficial de la corteza terrestre. En 1951 Linehan ayudado por Lynch usó esta técnica para hacer estudios arqueológicos en el subsuelo de la Basílica de San Pedro en Roma. Sus resultados llevaron al descubrimiento de una tumba que se identificó como la de San Pedro. Tanto Lynch como Linehan sucedieron a Macelwane como directores de la JSA, el primero entre 1957 y 1970 y el segundo de 1970 a 1986.

Linehan adquirió fama de un activo explorador por sus muchos viajes científicos en diversas partes del mundo, muchos de ellos misiones de carácter sismológico de la UNESCO a países de África, Asia y América Latina. En especial participó en una expedición al Ártico en 1954, con varios objetivos científicos como la determinación exacta de la posición del Polo Norte Magnético. Después de una larga travesía en un pequeño barco con toda clase de dificultades pudieron localizar la posición del Polo Norte Magnético cerca de la isla Prince of Wales, al norte de Canadá. Desde 1955 a 1958, Linehan participó en tres ocasiones en expediciones a la Antártida con la Marina de Estados Unidos. En ellas entre otros estudios geofísicos, determinó el espesor de la capa de hielo por métodos de exploración sísmica. Lineham fue el primero en celebrar Misa en los Polos Norte y Sur y también el primero en celebrar un bautismo en la Antártida. Linehan fue además de un entusiasta profesor de geofísica, un escritor prolífico de artículos científicos y de divulgación y participante en frecuentes conferencias científicas con trabajos de geología y sismología. Era requerido frecuentemente como conferenciante a nivel científico y de divulgación, sobre todo, para hablar sobre sus expediciones en especial las de la Antártida. Otros dos jesuitas participaron en expediciones a la Antártida durante el Año Geofísico Internacional en 1957-1958. Edward Bradley (1923-1996), director de la estación sismológica de Xavier University (Cincinnati) desempeñó en la Antártida el cargo de sismólogo jefe de la Ellsworth Station. Su determinación de la topografía bajo el hielo, por métodos de prospección sísmica, motivó que un monte, Bradley Nanutak, lleve hoy su nombre. Henry Birkenhauer (1922-2011) director del observatorio de John Carroll University (Cleveland), estuvo 18 meses en la Antártida, llevando a cabo estudios sísmicos.

En 1960, William Stauder (1922-2002), después de completar su doctorado en la Universidad de California (Berkeley) volvió a Saint Louis University y se encargó del Departamento de Geofísica y las estaciones sismológicas que había empezado Macelwane<sup>9</sup>. Su tesis sobre el mecanismo de los terremotos fue dirigida por el profesor Perry Byerly, cuya tesis a su vez se la había dirigido Macelwane. Stauder dio un gran impulso a los estudios de sismología en Saint Louis y a la modernización y extensión de las estaciones sismológicas. Fue el último director de la JSA desde 1987 hasta el 2002. Sus estudios sobre la determinación del mecanismo focal de los terremotos a partir del análisis de las ondas sísmicas contribuyeron al establecimiento de esta parte de la sismología. En los años 1960 se estableció la teoría de la tectónica de placas que marcó un hito importante en la comprensión de la dinámica de la Tierra. Stauder, con sus estudios del mecanismo de los terremotos en zonas de subducción, contribuyó al establecimiento de esta teoría y a esclarecer los procesos que se producen en los márgenes de las placas tectónicas. En los años 1970 puso su atención en la zona sísmica del centro de Estados Unidos, donde en la población de New Madrid, habían sucedido cuatro grandes terremotos entre diciembre de 1811 y febrero de 1812. En esta zona instaló una red de estaciones sismológicas que le permitió estudiar en detalle las características de los terremotos que allí tienen lugar. A partir de su estudio descubrió la compleja red de fallas que cruzan esta región y la posibilidad que se repita en ella un gran terremoto. Además de su trabajo científico, Stauder ejerció durante años el puesto

de Decano de la Escuela Graduada de la Universidad de Saint Louis, así como puestos de responsabilidad en comisiones y sociedades científicas. Entre los directores de las estaciones de la red JSA, merece también una mención especial Louis J. Eisele (1912-1988), director durante 48 años de 1940 a 1988 de la estación de Spring Hill, una de las pocas estaciones sismológicas en el sur de Estados Unidos. Eisele se preocupó de ir mejorando la instrumentación y en 1962 supervisó la instalación de los instrumentos de la estación de la red WWSSN. Entre 1953 y 1970 proporcionaba a la oficina de *Associated Press* de Mobile la información sobre los terremotos registrados en la estación que luego los distribuía a la prensa. Por esta razón era conocido como *Father Earthquake* (Padre Terremoto).

En el capítulo anterior vimos cómo se instaló una estación meteorológica en el observatorio del *College Jean de Brebeuf* de Montreal. El observatorio había empezado como una estación sismológica en 1952. Su fundador el jesuita canadiense Maurice Buist (1902-1986), profesor de ciencias, había quedado muy impresionado en una visita al observatorio de Weston, donde Linehan le animó a que instalara una estación sismológica en Montreal. Buist instaló los primeros sismógrafos ese mismo año y en 1955 construyó una cámara subterránea donde se colocaron nuevos instrumentos, donados por el *Dominion Observatory* de Ottawa. Con la idea de convertir el observatorio en un centro de investigación geofísica, como vimos Gherzi había comenzado en 1955 sus trabajos de radiometeorología y de estudio de la ionosfera, en 1960 se dedicó a tres jóvenes jesuitas a formarse con este fin. El plan no prosperó y el observatorio se mantuvo solo a nivel observational sobre todo en sismología. En 1975 el observatorio se reforzó con la llegada de Gouin, después de su expulsión de Etiopía. En 1979, Gouin publicó el primer catálogo de terremotos de Etiopía (*Earthquake history of Ethiopia and the Horn of Africa*, Historia de los terremotos de Etiopía y del Cuerno de África) y en 2001 el de los terremotos sentidos en Quebec (*Historical earthquakes felt in Quebec from 1534 to March 1925*, Terremotos históricos sentidos en Quebec desde 1534 a marzo 1925). Buist, el primer y último director jesuita, se retiró en 1983. El observatorio continúa en funcionamiento como parte del *College*, sin ya presencia de jesuitas.

#### **8.4. La sismología en América Central y del Sur**

Toda la costa oeste de América Central y del Sur es una región donde los grandes terremotos son frecuentes. Ya vimos cómo los naturalistas de la antigua Compañía incorporaron en sus historias naturales la descripción de algunos de los grandes terremotos de esta región. El comienzo de la Compañía renovada coincide, como ya hemos visto, también con el comienzo de la sismología como ciencia instrumental y la instalación de las primeras estaciones sismológicas. Los jesuitas en América se incorporaron pronto a esta ciencia. Los primeros instrumentos fueron instalados en 1877 en el Observatorio del Colegio de Puebla, Méjico. Los instrumentos habían sido diseñados y construidos por Gustavo Heredia y consistían en péndulos de movimiento horizontal que registraban sobre placas circulares de cristal ahumado donde dejaban grabado el registro. Con ellos Heredia logró registrar los grandes terremotos de Méjico y publicar las observaciones para los años 1877 a 1906. Estos fueron los primeros sismógrafos instalados en el continente americano, unos años antes de los instalados en California. Funcionaron hasta 1914 cuando se cerró el observatorio. Dos sismógrafos del tipo Bosch-Omori se instalaron en 1906 en el Observatorio de Belén, los primeros de la región del Caribe, que funcionaron hasta 1930. En 1880 Viñes había hecho un reconocimiento de los daños causados por un terremoto en la región oriental de la isla

de Cuba y publicado un informe sobre ellos. Una estación sismológica se instaló hacia 1920 en Sucre, Bolivia. Los instrumentos, vertical y horizontal fueron construidos en el mismo observatorio. Dejaron de funcionar unos años más tarde y fueron reinstalados en 1945 para ser destruidos por el terremoto de 1948. En 1949 German Saa (1909-1970) instaló dos sismógrafos Bosch-Omori en el Colegio de San Luis, Antofagasta (Chile) a los que añadió un tercer instrumento Wilson-Lamisson en 1957. La estación dejó de funcionar en 1963, debido a la instalación muy cerca de una estación de la red WWSSN. Saa proyectó instalar una estación en Arica en el norte de Chile, pero no pudo llevarlo a cabo.

El observatorio sismológico que adquirió a partir de 1912 una reconocida importancia entre los de América del Sur fue el Observatorio de San Calixto en La Paz, Bolivia, cuyo trabajo en astronomía y meteorología vimos en los capítulos precedentes<sup>10</sup>. La creación de la estación sismológica se debió a una resolución de la Asociación Internacional de Sismología reunida en Manchester en 1911, en la que se pedía a los jesuitas la instalación de una estación sísmica en algún lugar del centro de América del Sur. Esta petición refleja la confianza de la comunidad científica en la labor de los jesuitas en esta ciencia. Los primeros sismógrafos instalados por Descotes en 1912 y 1913 fueron construidos por el mismo observatorio siguiendo el diseño de los construidos por Navarro-Neumann en el Observatorio de Cartuja. Descotes había pasado unos meses en Cartuja trabajando con Navarro-Neumann en sismología y familiarizándose con el funcionamiento de los instrumentos. Una gran mejora en la instrumentación se logró en 1926 con la instalación de sismógrafos de tres componentes electromagnéticos del tipo Galitzin-Wilip, los más modernos para aquella época. Descotes con su cuidadoso mantenimiento y exactas observaciones hizo del observatorio uno de los mejores de América del Sur. Los dos famosos sismólogos de California, Charles F. Richter y Beno Gutenberg, en su influyente obra *Seismicity of the Earth* (Sismicidad de la Tierra, 1949) declaraban: "La Paz, como única estación, se convirtió y permanece como la estación sismológica más importante del mundo. Esto es debido a su localización aislada, la sensibilidad de sus instrumentos y el gran cuidado con que bajo la dirección del P. Descotes se interpretan los registros y se comunican los datos<sup>11</sup>". Al no haber hasta 1926 señales horarias por radio en América del Sur, Descotes mantuvo el tiempo exacto en los registros por medio de cuidadosas observaciones astronómicas. La estación continuó modernizando su instrumentación con nuevos sismógrafos.

En 1959 se incorporó al observatorio Ramón Cabré (1922-1997) que asumiría la dirección de 1965 a 1993<sup>12</sup>. En esta época el observatorio se convirtió en un importante centro de investigación sismológica. En 1960 el observatorio participó en los estudios de la corteza terrestre por medios sísmicos en el altiplano boliviano. En 1962 se instalaron los nuevos sismógrafos de la red WWSSN, con lo que el observatorio seguía en primera línea en cuanto a instrumentación. En 1966 se incorporó Luis Fernández, después de obtener su doctorado en la Universidad de Saint Louis. Fernández dio un gran impulso a la investigación sismológica y a la formación de jóvenes investigadores, pero dejó el observatorio en 1970 y más tarde los jesuitas. El observatorio participó en varios proyectos internacionales de investigación sismológica. En 1972 se instaló una estación con la instrumentación más moderna financiada por el Servicio Geológico de Estados Unidos (*U.S. Geological Survey*) en un túnel excavado en la roca en el valle de Zongo. Esta era una de las doce estaciones de este tipo instaladas en el mundo. En 1973 la estación, también con ayuda de Estados Unidos, fue promocionada a ser un Laboratorio de Investigación Sísmica (*Adapted Seismic Research Observatory*, Observatorio Adaptado de Investigación Sísmica, ASRO). El observatorio extendió sus

observaciones con una red regional de estaciones. El prestigio de Cabré por sus trabajos en sismología motivó el que fuera nombrado en 1966, el primer director del Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS), cargo que ocupó hasta 1968. Este centro dependiente de UNESCO está dedicado a la cooperación sismológica entre los países de América del Sur. En 1993 el gobierno de Bolivia le otorgó la orden del “Condor de los Andes”, la más alta condecoración.

Lawrence A. Drake (1931-2007), desde 1965 director del observatorio de Riverview en Australia, tomó en 1992 la dirección del observatorio de La Paz<sup>13</sup>. Su ofrecimiento a suceder a Cabré después de su retiro como profesor, fue una señal de su generosidad, ya que implicaba cambiar a una nueva lengua y cultura a una avanzada edad. En La Paz, Drake aplicó sus investigaciones sobre la propagación de ondas superficiales a la compleja estructura del altiplano andino. Continuó renovando la instrumentación y mantuvo un número de proyectos de investigación relacionados con la sismicidad y estructura de la corteza terrestre en la región de Bolivia. En 2001 por motivos de salud dejó la dirección y regresó a Australia. Drake fue el último jesuita director del observatorio que continua activo hoy dirigido por seglares.

En 1923 Simón Sarasola instaló en el observatorio de San Bartolomé, Bogotá dos sismógrafos, los primeros que se instalaban en Colombia. Sarasola renunció a su cargo de director del Servicio Meteorológico Nacional, para tomar parte en un nuevo proyecto junto con Jesús Emilio Ramírez (1904-1981), de crear un nuevo observatorio dedicado a meteorología y sismología del que compartieron al principio la dirección. El nuevo observatorio se inauguró en 1941 con el nombre de Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, y bajo la dirección de Ramírez se convirtió en uno de los principales centros de investigación sismológica de América del Sur<sup>14</sup>. En 1943 Sarasola volvió a Cuba y continuó Ramírez como único director. Ramírez se había formado en la Universidad de Saint Louis donde recibió el doctorado bajo la dirección de Macelwane con la tesis sobre el estudio de los microsismos. La estación sismológica estaba situada en un túnel excavado en la roca donde se fueron instalando sismómetros de periodo corto y largo. En 1957 se construyó un nuevo edificio para el Instituto en los terrenos de la Universidad Javeriana, Bogotá, a la que se incorporó oficialmente el Instituto en 1960, cuando Ramírez fue nombrado rector. En 1962 se instaló una estación de la red WWSSN y en 1975 una de la red *Seismic Research Observatory* (Observatorio de Investigación Sísmica, SRO), red mundial muy selecta de 13 estaciones instalada por el U.S. Geological Survey en todo el mundo con los sismómetros enterrados en una perforación de 100 metros. El haber seleccionado Bogotá como una de estas estaciones indica el prestigio que tenía Ramírez y el Instituto que dirigía en el trabajo sismológico. El Instituto estuvo encargado durante muchos años de la Red Sismológica de Colombia y poseía una red propia de estaciones sismológicas de cinco estaciones, y una red de acelerógrafos de siete estaciones, para medir los movimientos fuertes del suelo producidos por terremotos grandes cercanos.

Ramírez asumió pronto un papel importante en los círculos científicos de Colombia y Suramérica. Entre 1947 y 1960 fue profesor de geofísica en la Universidad Nacional de Bogotá. En 1967 publicó con Luis G. Durán, *Nociones de prospección Geofísica*, un libro de texto de geofísica aplicada, el primero publicado en América del Sur y en 1969 *Historia de los terremotos en Colombia*, el tratado más completo sobre los terremotos de Colombia. Su principal trabajo de investigación fue el estudio de la sismicidad y la tectónica de la región de Colombia, sobre el que publicó un gran número de artículos científicos. Entre 1973 y 1979 Ramírez organizó el Proyecto Nariño, un proyecto internacional para el estudio de la sismicidad y estructura de la corteza terrestre en Colombia. Este fue el proyecto de investigación en ciencias de la tierra de más

envergadura llevado a cabo en América del Sur. Ramírez permaneció muy activo en los círculos internacionales de sismología, fue presidente del CERESIS y entre 1958 y 1966 de la Academia de Ciencias de Colombia, en 1971 recibió del Gobierno de Colombia la Orden al Mérito “Julio Garavito”. En 1962, Goberna, expulsado de Cuba, se incorporó al Instituto como subdirector y sucedió a Ramírez en 1985. Goberna continuó la labor de Ramírez en el campo de la sismología. Desde 1993, año en el que cesó el último director jesuita, el Instituto quedó incorporado a la facultad de Ingeniería de la Universidad Javeriana con el nuevo nombre de Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana.

## 8.5. Las estaciones sismológicas en Asia y África

En el observatorio de Manila se instalaron en 1868 dos sismógrafos de construcción propia, los primeros instalados por jesuitas en Asia. Con ellos Faura registró el violento terremoto del 18 de Julio 1880 que causó daños en Manila. Estos eran los primeros sismogramas de un terremoto de Filipinas. Este hecho llamó la atención sobre el observatorio de sismólogos como John Milne, que trabajaba en Japón, que inició una correspondencia con Faura. En 1881 se instalaron nuevos sismógrafos fabricados en Italia con lo que el observatorio estaba equipado con los mejores instrumentos de la época. En 1890 llegó a Manila Miguel Saderra Masó (1865-1939) que renovó los equipos y reorganizó la sección de sismología. Publicó en 1895 la primera obra sobre sismología de Filipinas: *La sismología en Filipinas* y más tarde el primer catálogo de terremotos: *Catalogue of violent and destructive earthquakes in Philippines, 1599-1909* (Catálogo de terremotos violentos y destructivos en Filipinas, 1599-1909, 1910). Estas dos obras marcan el comienzo de los estudios sismológicos en Filipinas. Saderra-Masó fue también el primero en relacionar los terremotos de Filipinas con los accidentes tectónicos. Amplió las instalaciones sismológicas con nuevos instrumentos, entre ellos en 1930 sismógrafos electromagnéticos Galitzin-Wilip y montó estaciones en Baguio, Butuan, Ambulong y Guam.

En 1928 llegó a Manila William C. Repetti (1884-1966), que había obtenido su doctorado en la Universidad de Saint Louis bajo la dirección de Macelwane. Su tesis constituye uno de los primeros estudios de la determinación de la estructura del interior de la Tierra por el análisis de la propagación de las ondas sísmicas. Encargado de la sección de sismología, Repetti publicó en 1946 un nuevo catálogo de terremotos de Filipinas. Después de la guerra, como ya vimos, el observatorio dejó las observaciones y la investigación meteorológica, en las que tanto se había distinguido, y la sismología fue una de las líneas de investigación que se potenciaron. Nuevos instrumentos se instalaron en Manila, Baguio y Davos. En 1962, dentro del programa de estaciones WWSSN del gobierno de Estados Unidos, se instalaron dos de estas estaciones en Baguio y Davos.

Los primeros sismógrafos que se instalaron en el Observatorio de Zikawei en 1904 eran instrumentos tipo Omori, donados por el gobierno japonés. Esta era la primera estación sismológica en China. Entre 1915 y 1932 se instalaron sismógrafos electromagnéticos Galitzin-Wilip con lo que la estación disponía de la mejor instrumentación. Sus observaciones eran muy estimadas por los sismólogos debido a carencia de estaciones sismológicas en la región. Lo mismo sucedía con las del Observatorio de Tananarive, donde se instalaron los primeros instrumentos sismológicos en 1899. Estos eran unos de los primeros instalados en África. En 1927 se modernizó la instrumentación con la instalación de sismógrafos horizontales tipo Mainka. En el Medio Oriente se instalaron los primeros sismógrafos en el Observatorio

de Ksara (Líbano) en 1910. Los primeros instrumentos eran tipo Mainka a los que se añadieron sismógrafos más modernos electromagnéticos en 1933 y 1957.

En el observatorio de Riverview, Nueva Gales del Sur, Australia, los primeros sismógrafos se instalaron en 1907 bajo la dirección de Pigot. En 1941 se instalaron sismógrafos electromagnéticos de tres componentes, construidos en Australia con el diseño de Galitzin. Las observaciones cuidadosas de Thomas N. Burke-Gaffney (1893-1958), que trabajó en el observatorio desde 1946 y fue director de 1952 a 1958 situó a Riverview entre las estaciones más estimadas. Burke-Gaffney destacó por su cuidadoso análisis de los registros sismológicos. Esto motivó que el observatorio fuera elegido en 1962 para la instalación de una estación de la red WWSSN. En 1972 ocupó la dirección Lawrence Drake que había obtenido el doctorado en la Universidad de California, Berkeley, con un estudio de la propagación las ondas superficiales de los terremotos en medios heterogéneos. Además de su trabajo en el observatorio, Drake ocupó el puesto de profesor de geofísica en la Universidad de Macquarie. Continuó sus contactos con la Universidad de California con continuas visitas. Como vimos, cuando se jubiló de profesor en 1992 se trasladó a La Paz, Bolivia, donde continuó trabajando en sismología hasta 2001. El observatorio continúa en funcionamiento, pero sin presencia de jesuitas.

## 8.6. El estudio de los microsismos.

Los microsismos son unas ondas que se observan en los sismogramas de forma continua con las mayores amplitudes para períodos entre 4 y 10 segundos, generados por perturbaciones atmosféricas en los océanos. Desde el principio de la sismología instrumental este fenómeno llamó la atención a los sismólogos, por ejemplo, en 1903 Omori en Japón y Wiechert en Alemania propusieron ya su origen meteorológico. Durante un tiempo este fue un fenómeno al que varios jesuitas dedicaron su atención. El primero en poner su atención a estos fenómenos fue Algué en Manila que en 1894 relacionó ya la ocurrencia de los microsismos registrados en Filipinas con el efecto de los ciclones en el mar. En su libro sobre los tifones, publicado en 1904, dedicó un capítulo a este problema. En él propone la instalación de estaciones sismológicas en distintos puntos de la costa para detectar la aproximación de los ciclones utilizando el registro de los microsismos. También propuso como posible causa de algunos microsismos el efecto del viento sobre montañas cercanas a las estaciones que los registran, lo que se ha demostrado no ser cierto. En Zikawei, Gherzi dedicó muchos de sus esfuerzos al estudio de los microsismos. En un trabajo publicado en 1924 los divide los microsismos en cuatro clases: debidos a los ciclones o bajas presiones, a los anticiclones o altas presiones, al frío y a causas desconocidas. Considera los primeros los más importantes, causados por el vórtice de los ciclones que produce cambios bruscos de la presión atmosférica que a través de la capa de agua de los océanos se transmiten a la corteza terrestre. Admite, además, que en las estaciones costeras el influjo de las olas del mar contra la costa se ha de tener en cuenta<sup>15</sup>. En la universidad de Saint Louis, Ramírez, bajo la dirección de Macelwane, estudió la naturaleza de los microsismos de periodo corto y su generación relacionada con centros de bajas presiones en el océano. Partiendo de la idea de que son generados por el centro de las tormentas, propuso la posibilidad de determinar la localización del centro de los ciclones tropicales, utilizando un sistema de estaciones sísmicas tripartitas situadas en los vértices de un triángulo. Esta idea atrajo el interés de la Marina de Estados Unidos que empezó a utilizar este sistema durante un tiempo para detectar la situación de los centros de ciclones en el Pacífico y el Atlántico. Finalmente el sistema no resultó todo

lo eficiente que se esperaba y dejó de utilizarse<sup>16</sup>. En España el problema de los microsismos fue estudiado por Due-Rojo en Cartuja.

Los trabajos de Gherzi sobre los microsismos y su condición de académico de la Academia Pontificia de las Ciencias le llevaron a sugerir la celebración de una semana de estudios sobre este tema en dicha academia. En la organización contó con la colaboración del también académico Francesco Vercelli, director del Observatorio Geofísico de Trieste que actuó de presidente. La semana de estudios se celebró en el Vaticano en la sede de la Academia Pontificia de la Ciencia del 19 al 26 de Noviembre de 1951<sup>17</sup>. En el tomaron parte 16 eminentes sismólogos entre ellos, por solo citar algunos, Maurice Ewing del *Wood Hole Oceanographic Institute*, Inge Lehman del Instituto Geodésico de Copenhague, descubridora del núcleo interno de la Tierra, Jean Pierre Rothé del *Institute de Physique du Globe* de Estrasburgo y Robert Stonneley, de la Universidad de Cambridge y Presidente de la Asociación Internacional de Sismología. Tres jesuitas participaron, Gherzi, Macelwane y Due-Rojo. La semana de estudios trató de poner en claro el estado de la cuestión sobre la naturaleza y origen de los microsismos. En su apertura el Papa Pío XII tuvo un importante discurso sobre la relación entre la teología y la ciencia. Un año después en 1952 se celebró en Estados Unidos un simposio sobre los microsismos organizado por el *Naval Research* y el *Geophysical Research Directorate* de la *U.S. Air Force*. En él participaron 31 especialistas entre ellos tres jesuitas, Macelwane, Lynch y Ramírez. Su participación pone de manifiesto el reconocimiento de los jesuitas como expertos sobre el tema. El interés de los jesuitas por los microsismos se limitó a los de esta generación. Más aun, el interés de los jesuitas por la sismología en general decayó de forma notable después de los años 1970, cuando empezó el proceso de paso a la dirección de seglares o del cierre de la mayoría de los observatorios sismológicos jesuitas.

## 8.7 Los jesuitas y las organizaciones sismológicas

La presencia de jesuitas en el campo de la sismología coincide al comienzo del siglo XX con la creación de las primeras organizaciones sismológicas, tanto nacionales como internacionales. La primera Conferencia Internacional de Sismología tuvo lugar en 1901 en Estrasburgo. En ella se propuso la creación de la Asociación Internacional de Sismología (IAS), que finalmente empezó a funcionar en 1905. En 1903 Cirera, primer director del observatorio del Ebro, participó en la segunda Conferencia Internacional de Sismología, como uno de los dos delegados que representaban a España. En la primera asamblea general de la Asociación Internacional de Sismología en 1907 en La Haya, participaron tres jesuitas: Berloty (Líbano), Sánchez Navarro-Neumann (España) y Stein (Vaticano). En 1922 esta asociación pasó a integrarse dentro de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica. En la comisión creada por la IAS en 1936 en Edimburgo para supervisar el *International Seismological Summary*, agencia dedicada a la publicación de datos sismológicos, participó Macelwane entre sus cinco componentes. En la primera reunión de la IAS que se tuvo en Estados Unidos, en Washington en 1939, participaron entre los 74 norteamericanos 9 jesuitas, entre ellos Macelwane, Lynch y Linehan. En ella Macelwane presentó un informe sobre el problema de los microsismos. En 1951 se cambió el nombre de la IAS a Asociación Internacional de Sismología y Física del Interior de la Tierra (IASPEI) que se mantiene actualmente. La asociación celebra reuniones cada dos años a las que solían acudir sismólogos jesuitas mientras dirigían las estaciones sismológicas.

En los distintos países donde existían estaciones sismológicas jesuitas, sus directores ocuparon cargos importantes en las comisiones nacionales de sismología y otras

organizaciones, como, por ejemplo, Cabré en Bolivia fue director del CERESIS y Ramírez en Colombia fue Vice-presidente del Comité de Sismología del Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Los sismólogos jesuitas norteamericanos tuvieron una relación especial con la *Seismological Society of America* (SSA). En la primera reunión fundacional de la sociedad uno de los 13 miembros fue Ricard, director del Observatorio de Santa Clara, que fue elegido miembro del primer comité directivo. Macelwane formó parte de dicho comité entre 1925 y 1956 y en 1928 fue elegido presidente de la Sociedad. Entre 1962 y 1967 formó parte del comité directivo Stauder, que en 1966 fue elegido presidente. Varios jesuitas han sido presidentes de la Sección Occidental (*Eastern Section*) de esta sociedad. El primer presidente de la Sección fue Macelwane en 1926. Entre los que le siguieron se encuentran Lynch en 1930, Linehan en 1954, Birkenhauer en 1956 y Stauder en 1963. Durante muchos años la JSA se reunió conjuntamente con esta Sección Occidental de la SSA. Por ejemplo, en 1934 en la reunión conjunta, en Saint Louis, de los 22 participantes 9 eran jesuitas y en la reunión de 1948, en Cleveland, de los 29 participantes 8 eran jesuitas. Todavía en 1961 en la reunión en Cincinnati de los 80 participantes 8 eran jesuitas. Para mantener el reconocimiento de la labor pionera de los jesuitas en sismología, a solicitud de la JSA, la Sección Occidental de SSA creó en 1991 una medalla y premio que lleva el nombre de la JSA y se concede cada año a sismólogos que se han distinguido por sus trabajos de investigación.