

Julio Bustos Navarrete

Director del Observatorio del Salto

Estudio sismológico de Chile con los temblores y terremotos producidos en los últimos cuatro siglos.

En el Universo todo se mueve y en el movimiento está la vida. Desde la nebulosa primitiva hasta la forma planetaria, la Tierra ha tenido un lento proceso de condensación. Siguiendo las leyes de la isostasia, se han producido grandes pliegues que luego han constituido las cadenas de montañas. En estas regiones se están verificando constantemente procesos de solevantamiento, o sea, epirógenicos, y procesos de asentamiento, o sea, tectónicos.

He ahí la génesis de los temblores.

En consecuencia los sismos no son fenómenos misteriosos de origen desconocido, sino que, sencillamente, fenómenos naturales, científicamente explicables y que estamos en condiciones de estudiar.

En este trabajo trataremos de resumir en sus líneas generales los conocimientos científicos actuales sobre la materia, así como nuestras investigaciones personales.

CAPITULO I.—LA ESTRUCTURA DE LA TIERRA

Antiguamente se creía que el interior de la tierra era gaseoso, líquida o pastoso. Esta creencia se basaba en el fenómeno observado de que la temperatura aumenta por término medio un grado cada treinta y tres

metros de profundidad. Este coeficiente se ha denominado grado geotérmico.

El grado geotérmico es muy variable, es más acentuado en ciertas regiones y menos en otras. De todos modos, en las condiciones ordinarias, casi todos los cuerpos conocidos se fundirían a una profundidad de unos sesenta kilómetros. De esta hipótesis resultaría una corteza, relativamente débil comparada con el diámetro de doce mil kilómetros del planeta.

Posteriormente la experiencia de los físicos demostró que el punto de fusión de los cuerpos no es un valor absoluto, sino que depende de la presión. Así el agua hierve a 100° a la presión de una atmósfera y entra en ebullición a una menor temperatura en la cumbre de una montaña. Inversamente el cobre, el hierro y el níquel, por ejemplo, tienen un punto de fusión más bajo en la superficie terrestre que cuando están sometidos a grandes presiones. En consecuencia, resulta de este fenómeno físico que, al penetrar en las profundidades de la Tierra, junto con aumentar la temperatura, aumenta la presión y ésta eleva el punto de fusión de los cuerpos y, aún suponiendo que estos llegaran a licuarse o a vaporizarse, estarían sometidos a presiones tan formidables que se conducirían como sólidos.

Por consiguiente, todo nuestro planeta puede considerarse como sólido.

Sin embargo, los sismólogos en época más reciente, han descubierto que la estructura de la Tierra no es homogénea, sino que está constituida por capas de diferentes densidades. Para llegar a estas conclusiones se han valido de métodos ingeniosos.

Así como los astrónomos por medio del análisis espectroscópico, determinan la constitución y movimientos de los astros que están fuera de su alcance, los sismólogos se han valido de otros aparatos semejantes que, operando con otra clase de ondas, permiten estudiar y analizar las capas más profundas, sin necesidad de bajar a ellas; nos referimos a los sismógrafos.

Sabemos que estos aparatos registran las ondas sísmicas, ondas que son parecidas a las demás, con la diferencia de que, como las del sonido, se propagan a diferentes velocidades, según la densidad del medio.

La velocidad del sonido en el aire, a 0° (cero grado), de temperatura es de 333 metros por segundo. En un medio más denso como el agua, el sonido tiene una velocidad de propagación mayor y en un sólido más rápida aún.

Pues bien, exactamente lo mismo ocurre con las ondas sísmicas.

El célebre sismólogo WIECHERT, descubrió que las ondas preliminares de un temblor se propagaban en la superficie terrestre con una velocidad de ocho kilómetros por segundo. Esta velocidad va aumentando progresivamente con la profundidad hasta 13 kilómetros por segundo, a 1,500 kilómetros bajo la superficie terrestre. A dicha profundidad la velocidad de propagación cesa de aumentar y vuelve a disminuir gradual-

mente hasta el centro de la tierra donde baja a 10 kilómetros por segundo; las demás ondas siguen una ley de variación análoga.

Geyger y Gutemberg, basándose en estas experiencias, han podido determinar tres superficies de discontinuidad en el interior de la Tierra, a saber:

a) La *Lythosfera*, o corteza terrestre, con un espesor de un mil doscientos kilómetros (1,200), y densidad 3,4 y constituida esencialmente por silicatos.

b) La *Lyrosfera*, o capa intermedia que se extiende desde los mil doscientos (1,200), a dos mil seiscientos kilómetros (2,600), y de densidad 5,5, y constituida por minerales de hierro. Esta zona se encuentra en el punto crítico de fusión con altas temperaturas y altas presiones y en ella tienen su origen los fenómenos volcánicos.

c) La *Barysfera*, o núcleo terrestre, empezaría finalmente a los dos mil seiscientos (2,600) kilómetros y tendría una densidad de 9,1 estando constituida esencialmente por hierro, níquel y cobalto.

En consecuencia la estructura de la Tierra, en sus líneas generales, no es un misterio para la ciencia de hoy día, habiendo sido posible determinar sus diferentes capas, sus espesores, sus densidades y su composición.

CAPITULO II.—LAS GEO-SINCLINALES

Ahora bien, la *Lythosfera* o corteza terrestre, no es una esfera homogénea. Debido al lento proceso de contracción de nuestro globo, se han producido en ella numerosos pliegues; los pliegues cóncavos se denominan *Geo-Sinclinales* y los convexos *Geo-anticlinales*.

En la Tierra existen dos grandes Geo-sinclinales: La *Geo-sinclinal Circumpacífica* y la *Geo-sinclinal Mediterránea*.

El sismólogo don Fernando Montessus de Ballore, descubrió que la casi totalidad de los temblores y terremotos que se producen en el mundo ocurren precisamente a lo largo de estas líneas de fractura. Las leyes de Montessus de Ballore, sobre esta materia pueden resumirse así:

Ley 1.^a) La corteza terrestre tiembla únicamente a lo largo de dos estrechas zonas que se cortan formando dos grandes círculos, con un ángulo de más o menos 67°. Uno de estos círculos es el Mediterráneo o Alpino-Caucasiano-Himalayo con el 53% de los sismos, y el otro el Indo-Japonés-Malayo-Americano con el 41% de los sismos.

Ley 2.^a) Estas dos zonas coinciden con las dos líneas de relieve más importantes de la Tierra.

Ley 3.^a) Los dos grandes círculos sísmicos tienen por polos los puntos situados a 45° 45' de Latitud Norte y 150° 30' de Longitud W de Greenwich y 35° 40' de Latitud Norte y 23° 10' de Longitud Este de Greenwich.

Ahora bien, la frecuencia sísmica se reparte en forma muy desigual a lo largo de las Geo-sinclinales. Hay puntos de gran sismicidad y zonas de débil sismicidad.

A estas zonas de gran sismicidad se les denomina «focos sísmicos».

Estos focos sísmicos se encuentran precisamente en las zonas de mayor relieve entre las Geo-sinclinales y las Geo-anticlinales. En consecuencia, su ubicación es perfectamente posible.

CAPITULO III.—LOS FOCOS SISMICOS DE CHILE

En este estudio hemos de referirnos especialmente a los focos sísmicos de nuestro país. Ubicar estos focos, sin embargo, no es tarea fácil y ha sido necesario efectuar una recopilación de los temblores y terremotos habidos en Chile en los últimos cuatro siglos. De este estudio se desprende que en nuestro país hay los siguientes focos sísmicos.

1.º El foco sísmico de Arica a Mejillones, entre las cumbres del Tacora, el Isluga y el Miño en la Cordillera de los Andes y la Fosa Marina de Bartolomew en el Océano Pacífico. Este foco cuenta con quince terremotos en los cuatro últimos siglos.

2.º El foco sísmico de Copiapó, entre la cumbre del Mercedario en la Cordillera de los Andes y la Fosa Marina de Richard en el Océano Pacífico,

Este foco sísmico, el más intenso de Chile, cuenta con 23 terremotos en los últimos cuatro siglos.

3.º El foco sísmico del Valle del Aconcagua, entre el monte Aconcagua en la Cordillera de los Andes y la Fosa Marina de Haekel en el Océano Pacífico. Este foco sísmico comprende a Santiago y Valparaíso, siguiéndole en intensidad a Copiapó. Cuenta a su haber con 18 terremotos en los últimos cuatro siglos.

Hacia el sur la intensidad sísmica va declinando, observándose los siguientes focos sísmicos secundarios:

4.º Foco sísmico del Valle del Maule, comprendiendo Talca y Constitución, con tres terremotos en los últimos cuatro siglos.

5.º Foco sísmico del Valle del Biobío, comprendiendo Concepción y Talcahuano, con 6 grandes terremotos y maremotos en los últimos cuatro siglos.

6.º Foco sísmico del Valle del Cautín, comprendiendo la ciudad de Temuco, con solo un terremoto en los últimos cuatro siglos.

7.º Foco sísmico del Valle del Valdivia, comprendiendo la Hoya Hidrográfica del Calle-Calle y el Cruces, con cuatro terremotos en los últimos cuatro siglos.

8.º Foco sísmico de la Gran Isla de Chiloé, con cuatro terremotos en los últimos cuatro siglos.

9.º Región asísmica de Magallanes, con un solo fuerte temblor en los últimos cuatro siglos.

En consecuencia, se deduce, de este estudio que abarca los terremotos destructores habidos en Chile y alrededores, en los últimos cuatro siglos (400 años), que, todos los temblores que se producen a lo largo del territorio se encuentran localizados en ciertas zonas cuya localización ha sido posible. Ciertas ciudades, tales como Santiago y Copiapó, al igual que Tokio y Yokohama se encuentran desfavorablemente ubicadas y están expuestas en cualquier momento a sufrir las consecuencias de una catástrofe.

CAPITULO IV.—LAS CRISIS SISMICAS

Así como en el espacio los temblores y terremotos se agrupan en ciertas zonas, también en el tiempo, se agrupan en ciertos períodos denominados *Crisis sísmicas*.

La determinación de estas crisis sísmicas es un problema fundamental para la sismología.

La crisis sísmica es siempre precedida por un período más o menos largo de calma sísmica, absoluta o relativa. Durante este período de reposo, siguiendo las leyes de la isostasia, las presiones radiales y tangenciales, determinan movimientos epirógenicos, casi imperceptibles en las cadenas de montañas. Llega un momento en que el equilibrio pasa a ser inestable y entonces, por cualquier fenómeno concomitante, toda la energía potencial se transforma en energía cinética, produciéndose el movimiento de asentamiento tectónico. Este movimiento constituye el temblor o terremoto.

Generalmente la intensidad del sismo está en razón directa del proceso epirógenico, o sea, de la duración de la calma sísmica.

En consecuencia, mientras mas prolongada sea esta calma mas intenso será el fenómeno; por consiguiente la previsión general de un terremoto es científica y prácticamente posible, pero dentro de los métodos actuales es imposible determinar su fecha, día y hora.

Muchas tentativas se han hecho en esta materia. La iniciativa la llevan los sismólogos japoneses, principalmente OMORI e IMAMURA.

De los estudios practicados se desprende que, al término de la calma sísmica relativa se produce un aumento de la frecuencia micro-sísmica en la región epicentral. Por medio de aparatos muy sensibles sería posible determinar la aproximación de la catástrofe. Así por ejemplo, el gran terremoto del Japón, de 1891, pudo ser anunciado por este método. El país había sido dividido por la comisión sismológica en cierto número de rectángulos iguales, en cada uno de los cuales se anotaba continuamente la frecuencia micro-sísmica. Entre 1885 y 1889 se observó que el 42% de las sacudidas preliminares se producían en los rectángulos próximos a Gifú. Entre 1890 y 1891 el porcentaje aumentó a 61%, mientras que era

muy reducido en el resto. En estas condiciones sobrevino la catástrofe precisamente en la región prevista.

El terremoto del 14 de Abril de 1927 en Santiago de Chile, presentó análogos caracteres.

Las crisis sísmicas se prolongan a veces por semanas, meses y años. Roto el equilibrio de la corteza terrestre por la sacudida inicial, luego se repiten los movimientos en orden progresivamente decreciente, según lo determina la curva de OMORI.

Aún más, se ha observado que estas crisis sísmicas no se prolongan sólo en el tiempo, y en el mismo lugar, sino que se propagan como el eco, a lo largo de la geo-sinclinal, pasando de un foco sísmico a otro, según lo estudiaremos a continuación.

CAPITULO V.—LOS PROCESOS SISMO-TECTONICOS

Desde hace mucho tiempo los sismólogos habían observado y comprobado que, cuando el equilibrio de la Geo-sinclinal había sido roto en un punto determinado por un fuerte temblor o terremoto y había predisposición en los demás focos sísmicos, el proceso sísmo-tectónico se propagaba gradualmente a lo largo de toda la línea de fractura.

Un caso típico lo ofreció el proceso sísmo-tectónico *Copiapó-Santiago-Talca*. En efecto, este proceso se inició el 10 de Noviembre de 1922 con el famoso terremoto de Copiapó que rompió la estabilidad sísmica de la geo-sinclinal circumpacífica en dicha zona. Después de un intervalo de calma cedió el valle del Aconcagua con el terremoto Santiago-Mendoza del 14 de Abril de 1927. Finalmente el año siguiente, el 1.º de Diciembre de 1928 entraba en acción el Valle del Maule con el terremoto de Talca de reciente memoria. Se observa claramente la propagación del proceso sísmo-tectónico de norte a sur.

Casos análogos se han repetido en innumerables ocasiones con temblores menos intensos y con intervalos de solo meses y días.

Bastará citar los temblores del 16 de Agosto del presente año en Arica, con temblores ecos el 18 de Agosto en Copiapó y el 19 de Agosto en Santiago. El caso análogo del 14 de Octubre con un fuerte temblor en Copiapó que determinó el gran temblor del eco 17 de Octubre pasado en Santiago, Quillota y Valparaíso.

Seguir el desarrollo de estos procesos sísmo-tectónicos es uno de los problemas más interesante de la sismología moderna.

Para que dicho proceso se produzca es necesario que haya predisposición en los diferentes focos de la línea de fractura, manteniéndose el equilibrio inestable.

Cuando estas circunstancias concurren en una vasta zona es admirable seguir la propagación del proceso sísmo-tectónico a lo largo de las geo-sinclinales y observar como las pulsaciones de la Tierra se van acen-

tuando en los sismógrafos a medida que el proceso avanza. Día llegará en que los sismólogos, así como los meteorólogos determinan la trayectoria y velocidad de propagación de una tempestad, logren vislumbrar siquiera, con una relativa aproximación, el acercamiento de la crisis sísmica.

CAPITULO VI.—HISTORIA SISMICA DE CHILE

A continuación anotamos la lista cronológica de los principales terremotos destructores producidos en la Región Chilena y zonas adyacentes durante los siglos XVI, XVII, XVIII, XIX y XX hasta la fecha. Se ha establecido una graduación de tres intensidades como sigue: *I* terremoto débil, *II* terremoto moderado; *III* terremoto fuerte, (8.º a 12.º Escala Internacional).

SIGLO XVI

- 1520 terremoto en las provincias Australes de Chile.
- 1543 terremoto en Tarapacá.
- 1561 Marzo 2, terremoto Santiago-Mendoza.
- 1562 Octubre 28, Costas de Arauco y Cautín con maremoto *III*.
- 1570 Febrero 9, terremoto y maremoto *III* en Concepción.
- 1575 Marzo 17, terremoto en Santiago *II*.
- 1575 Diciembre 16, Cautín, Valdivia, Llanquihue, con maremoto *III*.
- 1582 Enero 16, Arequipa hasta Arica, terremoto *III*.
- 1588 Costas occidentales de la América del Sur (indeterminado).

SIGLO XVII

- 1604 Noviembre, Arica y Arequipa, terremoto y maremoto *III*.
- 1604 Diciembre, La Serena, terremoto.
- 1615 Septiembre 16, Arica, terremoto *II*.
- 1632 Salta e interior Tarapacá y Antofagasta, terremoto *II*.
- 1633 Mayo, dudoso, huracán o terremoto, Carelmapu, Chiloé.
- 1643 Septiembre 6, Santiago, terremoto *I*.
- 1647 Mayo 13, Santiago, gran terremoto *III*.
- 1650 Noviembre 10 Arica-La Paz, terremoto *II*.
- 1657 Marzo 15, Concepción, terremoto y maremoto *III*.
- 1681 Marzo 10, Arica, terremoto.
- 1688 12 Julio, Santiago, terremoto *I*.
- 1692 Septiembre 13, Tucumán-Coquimbo, terremoto.

SIGLO XVIII

- 1715 Agosto 22, Moquehua-Arica, terremoto.
 1724 Mayo 24, Santiago, terremoto *I*.
 1725 Enero 8, Arequipa-Iquique, terremoto *III*.
 1730 Julio 8, Concepción, terremoto y maremoto *III*.
 1734 Chaco-Antofagasta, terremoto.
 1737 Diciembre 24, ruina de Valdivia, terremoto *III*.
 1742 Marzo 23, Concepción terremoto y maremoto *III*.
 1751 Marzo 25, Concepción, terremoto y maremoto *III*.
 1760 Mendoza-Santiago, terremoto.
 1775 Marzo 17, Valparaíso, terremoto *I*.
 1782 Mayo 22, Santiago-Mendoza, terremoto.
 1784 Viernes Santo, Arica, terremoto.
 1784 Mayo 23, Arica-Arequipa, terremoto.
 1787 Febrero 1.º Castro, terremoto *I*.
 1787 Marzo 23, Arequipa, gran temblor *I*.
 1790 Mayo 19, Tucapel, terremoto.
 1793 Noviembre 30, Serena, terremoto.
 1793 Agosto 7, Arica, terremoto.
 1786 Marzo 30, Copiapó-Vallenar, terremoto *III*.

SIGLO XIX

- 1801 Enero 1.º, Serena, terremoto *III*.
 1804 Octubre 27, Santiago-Mendoza, terremoto *I*.
 1813 Mayo 30, Arequipa-Arica, terremoto.
 1819 Abril 3, 4, y 11, Copiapó, terremotos *III*.
 1821 Julio 10, Arequipa-Arica, terremoto *III*.
 1822 Noviembre 5, Copiapó y Coquimbo, terremoto *II*.
 1822 Noviembre 19, Valparaíso, terremoto y maremoto *III*.
 1829 Septiembre 26, Valparaíso y Santiago, terremoto *I*.
 1829 Octubre 1.º, Santiago, terremoto *I*.
 1831 Octubre 8, Arica, terremoto *I*.
 1833 Abril 25, Huasco, terremoto *I*.
 1833 Octubre 16, Arequipa-Arica, terremoto *II*.
 1834 Julio, Ica-Arica, terremoto *I*.
 1835 Febrero 20, Concepción, terremoto y maremoto *III*.
 1836 Julio 3, Cobija-Mejillones, maremoto.
 1837 Noviembre 7, Valdivia, terremoto *III*.
 1843 Diciembre 17, Serena, terremoto *I*.
 1844 Octubre 18, Salta-Antofagasta, terremoto *III*.
 1845 Julio 3, Arica, terremoto *I*.
 1847 Enero 19, Copiapó, terremoto *I*.
 1847 Octubre 17, Coquimbo, terremoto *II*.

- 1848--1850, Bolivia, Tarapacá, terremoto *II*.
1849 Diciembre 17, Coquimbo, terremoto y maremoto *I*.
1850 Diciembre 6, Santiago, terremoto *II*.
1851 Abril 2, Santiago, terremoto *II*.
1851 Mayo 26, Atacama, terremoto *II*.
1854 Enero 14, Coquimbo, terremoto *I*.
1859 Octubre 5, Copiapó, terremoto *I*.
1860 Abril 18, Arequipa-Arica, terremoto *I*.
1860 Septiembre 20, Tacna, terremoto *I*.
1861 Marzo 20, Chile, (indeterminado), terremoto *III*.
1861 Agosto 29, Argentina-Chile, frente San Carlos, terremoto *I*.
1862 Febrero 5, Santiago-Mendoza, terremoto *I*.
1862 Mayo 20, Tacna y Arica, terremoto *II*.
1863 Junio 29, Arequipa-Arica, terremoto *I*.
1864 Enero 12, Copiapó, terremoto *I*.
1866 Junio 23, Copiapó, terremoto *I*.
1868 Agosto 13, Norte de Chile, terremoto y maremoto *III*.
1868 Octubre 12, Copiapó, terremoto *I*.
1869 Marzo 29, Mendoza-Santiago, terremoto *I*.
1869 Abril 29, Talca, terremoto *I*.
1869 Junio 29, Arequipa-Arica, terremoto *I*.
1869 Agosto 19, Arica-Ica, terremoto y maremoto *III*.
1869 Agosto 24, Norte de Chile, terremoto *I*.
1869 Octubre 26, Cobija-Mejillones, terremoto *I*.
1869 Noviembre 3, Arequipa-Arica, terremoto *I*.
1870 Marzo 23, Calama, Terremoto.
1870 Febrero 23, Bolivia-Norte de Chile, terremoto *II*.
1871 Marzo 24, Santiago y Valparaíso, terremoto *I*.
1871 Octubre 5, (R) Tarapacá, terremoto *I*.
1871 Octubre 22, Jujui-Antofagasta, terremoto *III*.
1873 Julio 7, Chile central, terremoto *III*.
1874 Octubre 26, Santiago, terremoto *I*.
1876 Febrero 11, Coquimbo, terremoto *II*.
1877 Mayo 9, Iquique y Norte de Chile, terremoto y maremoto *I*.
1877 Mayo 17, Bolivia-Norte de Chile, terremoto *I*.
1878 Enero 23, Tarapacá, terremoto *I*.
1879 Febrero 2, Magallanes y Tierra del Fuego, terremoto *I*.
1880 Agosto 15, Valparaíso, terremoto *I*.
1882 Marzo 6, Catamarca-Norte de Chile, terremoto *II*.
1883 Octubre 1.º Arequipa-Iquique, terremoto *I*.
1884 Noviembre 26, Bolivia-Norte de Chile, terremoto *I*.
1890 Abril 24, San Felipe, terremoto *I*.
1891 Agosto 15, Bolivia, Norte de Chile, terremoto *I*.
1894 Octubre 27, Argentina-Norte de Chile, terremoto *II*.
1898 Julio 23, Concepción, terremoto *I*.

1899 Abril 12, Argentina-Norte de Chile, terremoto *I*.

SIGLO XX

- 1900 Octubre 23, Argentina y Chile Central, terremoto *I*.
 1903 Agosto 12, Santiago-Mendoza, terremoto *I*.
 1903 Diciembre 7, Vallenar-Copiapó, terremoto *II*.
 1904 Marzo 19, Vallenar-Copiapó, terremoto *II*.
 1905 Septiembre 20, Argentina-Norte de Chile, terremoto *I*.
 1906 Junio 18, Valparaíso, terremoto *I*.
 1906 Agosto 16, Valparaíso y Chile Central, terremoto *III*.
 1907 Junio 13, Valdivia, terremoto *I*.
 1907 Agosto 14, Santiago-Mendoza, terremoto *I*.
 1908 Febrero 23, Antofagasta, terremoto *I*.
 1908 Julio 16, Sur del Perú, Norte de Chile, terremoto *I*.
 1909 Febrero 11, Sur del Perú, Norte de Chile, terremoto *I*.
 1909 Mayo 17, Bolivia-Norte de Chile, terremoto *II*.
 1909 Junio 8, Chañaral-Copiapó, terremoto y maremoto *II*.
 1909 Julio 22, Bolivia-Norte de Chile, terremoto *III*.
 1922 Noviembre 10, Atacama, terremoto y maremoto *III*.
 1927 Abril 14, Santiago-Mendoza, terremoto *I*.
 1928 Diciembre 1.º, Constitución-Talca, terremoto *III*.
 1930 Octubre 17, Quillota, terremoto *I*.

CAPITULO VII.—MONOGRAFIAS SISMICAS

A continuación se detallan las monografías de los principales terremotos habidos en Chile, desde los tiempos históricos.

El 28 de Octubre de 1562 ocurrió un fuerte terremoto frente a las costas de Arauco. Fué seguido de una salida de mar que inundó todas las costas de Arauco y del Sur de Chile. De los perjuicios que ocasionó se tienen muy escasas noticias, tal vez porque había muy poco que destruir en aquel entonces.

El 8 de Febrero de 1570, un terremoto destruyó la ciudad de Concepción, situada entonces donde hoy está Penco. Hubo varias salidas de mar y grandes grietas se abrieron en el suelo, saliendo por ellas agua caliente, barro y emanaciones sulfurosas.

El 17 de Marzo de 1575 un terremoto de regular intensidad destruyó parcialmente la ciudad de Santiago, produciendo el desplome de murallas y casas.

El 16 de Diciembre del mismo año, 1575, otro terremoto muy violento destruyó la ciudad de Valdivia. En el río se observó un fenómeno raro: la mitad se vaciaba en el mar y la otra se retiraba hacia el interior, quedando en seco; luego una ola enorme desde el mar invadió el cauce del río tierra adentro.

Nada quedó en pie en la ciudad de Valdivia. La tierra se agrietaba. Villarrica, Osorno, Imperial y Castro fueron arruinados. El mar se salió en las costas de Imperial y ahogó un centenar de indios. Los derrumbes en el interior de la Cordillera obstruyeron el cauce de los ríos; cuatro meses después se deshizo la represa y una tremenda avenida, con la fuerza de una avalancha, inundó el Valle Central de Chile. Los habitantes de Valdivia, que se habían refugiado a tiempo en una eminencia, quedaron rodeados por las aguas como en una isla, desde donde veían pasar sus casas, indios y animales. Fué una repetición en menor escala del Diluvio Universal.

El 14 de Mayo de 1633, al cuarto del alba, la ciudad de Carelmapu fué despertada por un ruido ensordecedor. El mar salió, arrastrando casas y habitantes. El cielo se cubrió de densas nubes y el trueno retumbó por espacio de varias horas, en medio de una violenta tempestad eléctrica. Sólo la lívida luz de los relámpagos y los rayos iluminaban a los sobrevivientes.

El 13 de Mayo de 1647 ocurrió el famoso terremoto de que hay memoria en Santiago. Tuvo su epicentro en la misma región que el temblor del 14 de Abril de 1927. Se anunció por un pequeño temblor con un cuarto de hora de anticipación. A las 10 horas 30 minutos de la noche estalló el terremoto con terrible violencia. Santiago quedó destruído en medio cuarto de hora, que fué la duración del cataclismo. Luego el cielo se cubrió de densos nubarrones y profundas tinieblas invadieron la ciudad. El invierno que siguió fué muy riguroso.

El 15 de Marzo de 1657 a las 7 horas 30 minutos otro terremoto arruinó la ciudad de Concepción. El mar salió dos horas después y arrastró toda la ciudad. El área mesosísmica se extendió desde la provincia de Maule hasta Cautín.

El 9 de Julio de 1657 un nuevo terremoto destruyó parcialmente la ciudad de Santiago. El mar se presentó muy agitado desde el amanecer en toda la costa de Valparaíso.

En 1709 otro gran terremoto destruyó las ciudades de Concepción y Chillán.

El 24 de Mayo de 1724 hubo un temblor con caracteres de terremoto que dejó en muy mal estado la ciudad de Santiago. Hubo muchas murallas derrumbadas, algunos muertos y muchos heridos.

El 8 de Julio de 1730 un nuevo terremoto destruyó la ciudad de Santiago. A eso de la una de la madrugada se produjo el primer remezón de un cuarto de hora de duración. Este fué nada más que el preliminar del terremoto. En efecto, a las cuatro y media de la madrugada vino el segundo remezón del terremoto, tan violento que no permitía ponerse de pie. Por fin a las 12 horas 30 minutos del día, vino el tercer remezón del terremoto con furia inaudita. Esto demuestra que después del primer terremoto subsisten las probabilidades de que se repita el fenómeno aún con mayor intensidad y es torpeza de la gente creer que después del pri-

mer remezón ya han pasado los más fuertes y pueden recogerse a sus casas. En Valparaíso, este terremoto provocó una gran salida de mar que arrasó cuanto había.

El 24 de Diciembre de 1737 un gran terremoto destruyó Valdivia. Se manifestó también con tres sacudidas; pero con ligeros intervalos. Este terremoto originó grandes estragos en Chiloé.

El 25 de Mayo de 1751 a la 1 hora 30 minutos de la madrugada, un recio temblor sacudió Santiago. Duró unos seis minutos. Ese mismo día a la misma hora ocurrió un gran terremoto en Concepción. Fué precedido por un gran temblor el día 23 y por una fuerte sacudida, unos diez minutos antes. El ruido del temblor era espantoso y se veía intensificado por los sordos ruidos subterráneos. Luego después el mar se retiró tres kilómetros hacia adentro, quedando la costa en seco. Entonces se formó una ola gigantesca que arrasó la ciudad; a esta primera ola sísmica le siguió otra. Después nada quedaba de la ciudad.

El 19 de Noviembre de 1822 un terremoto destruyó parcialmente la ciudad de Valparaíso. El mar se vió muy agitado, como durante una tempestad, desarrollándose un maremoto. A bordo de los buques las sacudidas fueron recias como en tierra. Toda la región de Casablanca, Limache, Quillota, San Felipe y Santiago fué muy afectada por este terremoto.

El 20 de Febrero de 1885 un violento terremoto destruyó casi todo el sur de Chile, siendo particularmente violento en Concepción. El mar se retiró como tres kilómetros y luego tres olas sísmicas gigantes cas arrasaron la ciudad con furia irresistible.

Anteriormente, el 7 de Noviembre de 1837, un gran terremoto había afectado el sur de Chile, siendo muy intenso en Valdivia.

El movimiento de Tierra se inició lentamente a eso de las siete (7) de la mañana, ocurriendo a esa hora la primera fase del terremoto. La segunda fase se produjo a las ocho de la mañana, con grandes oscilaciones. Este terremoto produjo grandes raz de marea en todo el Océano Pacífico.

EL TERREMOTO DE VALPARAISO DEL 16 DE AGOSTO DE 1906

Después de este estudio histórico general de los terremotos habidos en Chile, entraremos al estudio particular de los cuatro grandes terremotos producidos en el presente siglo, a saber: el terremoto de Valparaíso del 16 de Agosto de 1906; el terremoto de Copiapó del 10 de Noviembre de 1922; el terremoto de Santiago del 14 de Abril de 1927 y el terremoto de Talca del 1.º de Diciembre de 1928.

El terremoto de Valparaíso del 16 de Agosto de 1906, fué precedido media hora antes por un gran cataclismo en las profundidades del Océano Pacífico, frente a las costas de Alaska. Los sismólogos RUDOLPH y TAMS,

estudiaron los telesismogramas de este fenómeno bajo los auspicios de la Sociedad Internacional de Sismología.

Esta sacudida preliminar rompió necesariamente el equilibrio de la Geo-sinclinal circumpacífica, y fué así cómo media hora después estallaba el terremoto de Valparaíso, el cual posiblemente estaba a punto de producirse.

Las observaciones del Director del Observatorio Meteorológico de Santiago, señor Kranhass, sobre este terremoto, pueden resumirse así:

«El terremoto principió bruscamente a las 19 horas 58 minutos 36 segundos, sin ruido previo y con una fuerte oscilación de norte a sur. La amplitud de las oscilaciones aumentó progresivamente hasta alcanzar a 10 centímetros y su período era de 5 a 6 oscilaciones simples por segundo. A cada cambio de sentido se sentía un sordo retumbar subterráneo. Estas grandes oscilaciones duraron hasta las 20 horas 0 minutos 56 segundos en que hubo una calma relativa, reanudándose nuevamente a las 20 horas 7 minutos 26 segundos, sin ruido previo y durante 20 segundos de duración.»

El epicentro del fenómeno estuvo situado entre Limache y Valparaíso; en toda esa región los movimientos fueron verticales e irradiaron en forma ondulatoria al resto del país.

El terremoto fué precedido de notables cambios atmosféricos, los cuales detallamos a continuación.

El día 15 de Agosto el régimen isobárico presentaba un centro de alta presión de 764 milímetros en Aconcagua y una intensa depresión con minimum de 754 milímetros en Valdivia.

Ese día reinó mal tiempo general desde Valparaíso hasta Osorno con copiosas lluvias y fuertes vientos huracanados del norte.

El día 16 de Agosto las condiciones meteorológicas cambiaron notablemente. El centro anticiclónico de Aconcagua se intensificó, abarcando desde Coquimbo hasta Matanzas, con centro de alta en Valparaíso, de 765 mm.

La depresión cruzó la región austral y el mal tiempo principió a declinar continuando variable con fuertes rachas del norte; densos nubrones y chubascos se prolongaron hasta el anochecer.

El día 17 de Agosto el centro anti-ciclónico se desplazó hacia el norte, produciéndose nuevamente en toda la zona central un gradiente barométrico favorable al mal tiempo.

De esto se desprende que el terremoto coincidió con un fuerte aumento de la presión atmosférica en la región epicentral y que se calcula en más de 13,000 toneladas por kilómetro cuadrado de superficie.

La crisis sísmica que siguió al terremoto de Valparaíso se prolongó durante dieciocho meses, período durante el cual fué restableciéndose la calma sísmica en una forma gradual y progresiva.

En este terremoto no se observaron bravezas de mar ni raz de mareas. Tampoco se pudo apreciar solevantamientos apreciables de la costa.

EL TERREMOTO DE COPIAPO DEL 10 DE NOVIEMBRE DE 1922

Este terremoto presentó caracteres especiales no sólo por su extraordinaria intensidad, sino por venir acompañado de una formidable raz de marea que arrastró todas las poblaciones de la costa.

Las observaciones más completas sobre este fenómeno fueron las efectuadas por don Luis Sierra a cargo de la estación sismológica de Copiapó. Dice: «a las 23 horas 53 minutos 30 segundos, se inició un formidable ruido del quinto grado, semejante a un fuerte trueno que despertó a los que dormían, llenando de terror a todos. Inmediatamente comenzó un movimiento de tierra, del quinto grado de intensidad de la escala ROSSI-FOREL, que se mantuvo unos treinta segundos; aumentando luego la intensidad al octavo grado durante unos veinte segundos, y a continuación llegaron las oscilaciones del grado máximo que duraron tres minutos; después la intensidad disminuyó poco a poco hasta el cuarto grado por varios minutos, para aumentar de nuevo al octavo grado y disminuir por fin definitivamente. La duración total fué de 11 minutos.

Media hora después del terremoto se observaba en toda la costa de Caldera a Coquimbo, que el mar se retiraba dejando la playa en seco; luego vino una ola de marea, que avanzó gradualmente inundando la tierra. A esta primera ola de marea siguieron otras tres con intervalos de un cuarto de hora más o menos. La más intensa fué la última, la cual alcanzó en Coquimbo una altura superior a cinco metros. La agitación del mar se mantuvo durante toda la madrugada del día once».

El epicentro del fenómeno estuvo situado en el sector Copiapó-Vallellanar. En toda esta zona las sacudidas fueron verticales e irradiaron hacia el norte y hacia el sur en el resto del país.

Al igual que el terremoto del 16 de Agosto de 1906, el terremoto de Copiapó fué precedido de un fuerte temblor premonitorio el día 7 de Noviembre. Desde esa fecha, el equilibrio de la geo-sinclinal circumpacífica quedó roto en el foco sísmico de Copiapó.

El terremoto vino acompañado de notables cambios atmosféricos: el día 9 de Noviembre existía un centro anti-ciclónico en Valdivia y una área de baja presión relativa en la región central, mientras que en Coquimbo y Atacama había un centro secundario de alta de 761 milímetros. El día 10 la presión bajó bruscamente a 758 milímetros en la región epicentral, propagándose la onda de baja al resto del país.

Hubo un aumento general de la temperatura y el centro anti-ciclónico de Valdivia fué destruído. La presión bajó en el sur y subió nuevamente en el norte tan rápidamente como había bajado, acompañando al terremoto un brusco cambio de tiempo en la zona afectada con descenso de la temperatura, aumento de la nebulosidad y lluvias que dieron una precipitación de 0,6 mm. en La Serena, fenómeno raro en aquella región y en esa época. La variación total de presión en la región epicentral excedió de 40,000 toneladas por kilómetro cuadrado de superficie.

Estos cambios de tiempo coincidieron también con una perturbación eléctrica más o menos intensa. El registrador de tempestades acusó fuertes descargas en la noche del 10 al 11 y siguientes, y los magnetógrafos indicaron una perturbación electromagnética, al mismo tiempo que una gran mancha cruzaba el meridiano central del sol.

La crisis sísmica provocada por el terremoto de Copiapó se prolongó por espacio de dos meses, declinando en Enero de 1923.

EL TERREMOTO DE SANTIAGO DEL 14 DE ABRIL DE 1927

A continuación damos el resumen de las investigaciones científicas realizadas por el Observatorio del Salto, con la cooperación de los Observatorios de Monte Wilson, del Ebro, del Pilar, de la Plata y de Santiago, sobre el terremoto del 14 de Abril de 1927.

Puede considerarse como región epicentral de este terremoto la Cordillera del límite argentino-chileno entre los montes Tupungato y Aconcagua.

Comparando P. Santiago, con O. la Plata y La Paz, se llega a la conclusión de que el epicentro distó 230 a 300 kilómetros de Santiago.

Fundándose en las manifestaciones macro-sísmicas se deduce, en seguida, que el foco del terremoto debió encontrarse a más o menos igual distancia entre Santiago y Mendoza, pues, por las destrucciones causadas puede estimarse la intensidad entre ambas localidades como del grado 9. El epicentro arriba calculado está en conformidad con esta deducción.

El doctor D. A. Loos, jefe del Observatorio Sismológico de Mendoza, tomando por base sus observaciones macro-sísmicas locales y en concordancia con las observaciones instrumentales de los Observatorios de La Plata y de La Paz, considera el sismo como bilateral con relación a la Cordillera de los Andes.

En Santiago, el fenómeno se inició a la 1 hora 41 minutos 14 segundos del día 14 de Abril con una fuerte oscilación. Según la estación sismológica de Santiago la primera oscilación fué de cinco micrones hacia el sur; la segunda oscilación fué de 15 micrones; la tercera oscilación fué de 80 micrones; la cuarta oscilación de 240 micrones; la quinta oscilación de 370 micrones; la sexta oscilación de 800 micrones; la séptima oscilación fué incompleta y saltaron las agujas.

Desde principios del año 1927 se había observado un aumento de la frecuencia sísmica en la región del valle del Aconcagua. La mayoría de los temblores tuvieron su epicentro a una distancia que, por término medio, fluctuó alrededor de 100 kilómetros de Santiago. En Enero se registraron 9 sismos, de los cuales cuatro tuvieron una distancia aproximada de 100 kilómetros; en Febrero se registraron catorce sismos, de los cuales siete tuvieron una distancia análoga y en Marzo la frecuencia sísmica siguió aumentando, llegando a 19 sismos, de los cuales siete tuvieron

una distancia epicentral igual a los anteriores. En este mes llamó especialmente la atención la importante agitación micro-sísmica registrada entre los días 9 y 17 de Marzo, precisamente un mes antes del terremoto. En la primera década de Abril, todos los temblores registrados tuvieron una distancia epicentral de 100 kilómetros, lo que indica muy claramente el aumento de la frecuencia sísmica en la región epicentral.

El tiempo se presentó variable en los días anteriores al terremoto, con un cambio brusco, el 8 con nublados y lloviznas que dieron una precipitación de 1,5 milímetros. Entre el 12 y el 13 de Abril hubo un fuerte aumento de la presión atmosférica en el valle del Aconcagua, el cual se avalúa en más de 50,000 toneladas por kilómetro cuadrado de superficie.

Sin embargo, hubo otros fenómenos más notables que los cambios de tiempo que coincidieron con el terremoto.

En la misma noche del fenómeno y casi simultáneamente dos volcanes de la Cordillera de los Andes entraron en actividad: el *Descabezado* frente a Talca y el *Llaima* frente a la ciudad del mismo nombre.

Otro fenómeno muy interesante fué la intensa perturbación electromagnética que coincidió con el terremoto, la cual fué registrada por el magnetógrafo Nodon que funcionaba en el subterráneo del Observatorio del Salto y luego comprobada con análogas observaciones registradas en los Observatorios Magnéticos del Pilar, en Argentina, y del Ebro, en España.

A continuación se indican los elementos magnéticos registrados en el Observatorio Magnético del Pilar (Argentina).

COMPONENTE HORIZONTAL			
DÍA	MÁXIMA	MÍNIMA	AMPLITUD
12 de Abril.....	865	797	68
13 de Abril.....	895	828	67
14 de Abril.....	888	646	242
15 de Abril.....	805	756	49

Por otra parte, don Luis Rodés, Director del Observatorio del Ebro, España, nos proporcionó las siguientes observaciones:

El día 13 de Abril los elementos magnéticos estuvieron en calma hasta las 23 horas, pero a las 23 horas 45 minutos, se registró un salto brusco de las componentes vertical y horizontal; el período más conspicuo de esta perturbación se registró de 9 a 17 horas del 14 de Abril. Las corrientes telúricas experimentaron también una perturbación aná-

loga a las 23 horas 50 minutos del 13 y de 6 horas a 17 horas del 14. Estas perturbaciones coincidieron con el paso de un intenso grupo de manchas por el centro del Sol.

EL TERREMOTO DE TALCA DEL 1.º DE DICIEMBRE DE 1928

A continuación se da el resumen general de las investigaciones científicas practicadas por la Comisión del Observatorio del Salto, que efectuó estudios en la región afectada por este terremoto, así como las colaboraciones externas recibidas del Observatorio de San Calixto, de La Paz, Bolivia; del Observatorio Ximeniano de Florencia, Italia; del Observatorio de Zicawei, Shanghai, China; del Observatorio del Ebro, España; del Observatorio de La Plata, Argentina y de la Estación Sismológica de la Universidad de Chile.

Hacemos presente que estas investigaciones se han efectuado por cuenta particular del Observatorio del Salto, sin haber recibido la más mínima ayuda oficial.

El Geólogo, profesor señor Miguel Machado, que formaba parte de la Comisión científica del Observatorio del Salto, hizo el siguiente estudio de la región.

1.º La ciudad de Talca se encuentra sobre una capa de ceniza volcánica y terreno de acarreo. Los cerros de los alrededores son de una formación secundaria. La meseta de Camarico, que se levanta hacia el norte, presenta la misma formación geológica, sobre lomajes suaves de formación secundaria.

2.º La ciudad de San Fernando está sobre un subsuelo de terreno de acarreo. Los cerros más próximos, tales como el Centinela, están formados por conglomerados de Toba Volcánica estratificada. Hacia el noroeste los cerros de Apalta presentan formaciones rocosas de diorita y granito.

3.º La ciudad de Santa Cruz está sobre terrenos de acarreo, rodeada por las cadenas de cerros de la Cordillera de la Costa, todos de formación secundaria.

4.º La Cordillera de los Andes frente a la región de Talca y San Fernando, presenta montañas de formación secundarias con conglomerados de rocas arcillosas, granito, andesitas y porfiritas.

Según las determinaciones sismométricas de los Observatorios de La Paz, Sucre y Otawa, en el Canadá este último, el epicentro del terremoto debió encontrarse a los 35 grados 4 minutos de latitud sur, a los 71 grados 5 minutos de longitud Oeste de Greenwich.

Nuestras determinaciones macro-sísmicas en el mismo lugar del terremoto, indican que el Hipocentro, o foco sísmico, no fué exactamente un punto, sino una línea de fractura paralela al Valle del río Maule. Así se explica que Talca y Constitución, situadas casi en los dos extremos de esta línea, cayeran simultáneamente arruinadas a las primeras sacudidas verticales.

El terremoto se produjo a las 0 horas 6 minutos 40 segundos del día 1.º de Diciembre de 1928; se inició con una fuerte sacudida vertical, a las cuales siguieron otras en orden progresivamente mayor. De los centenares de observaciones recibidas en respuesta a nuestras circulares, se desprende que a esta primera crisis siguió un corto período de calma, el cual fué seguido por nuevas sacudidas muy violentas, cuya duración total fué un minuto y 45 segundos.

Hacia el norte y el sur de la Zona epicentral, las ondas se propagaron en sentido ondulatorio.

Durante toda la noche siguió temblando con más o menos intensidad, habiendo podido observar esta agitación micro-sísmica constante de la Tierra en los Tropo-Sismógrafos de registro fotográfico que funcionaban en el subterráneo del Observatorio del Salto.

Veinticuatro horas después se produjo una nueva crisis, con un violento temblor que causó nueva alarma en toda la región afectada.

La propagación de las ondas sísmicas presentó en este terremoto muchas irregularidades, sufriendo múltiples reflexiones, según la constitución geológica del terreno. Así se explica que en ciertos puntos llegaran las ondas de este a oeste; en otros de norte a sur, etc. Todas estas modificaciones, capaces de volver loco a un sismólogo, tienen su explicación fácil en el estudio geológico de la región.

Las diferentes clases de rocas, las diferentes capas geológicas, tienen también diferentes coeficientes para la propagación de las ondas sísmicas, especialmente las más largas, denominadas por L. Estas ondas sufren notables modificaciones en intensidad y en velocidad.

Así tenemos:

En el granito se propagan con una velocidad de 4940 metros por segundo.

En las rocas arcaicas a 4686 metros por segundo; en las rocas paleozoicas a 4096 metros por segundo; en las rocas mezozoicas a 3420 metros por segundo; en las rocas cenozoicas a 2853 metros por segundo; en las rocas eruptivas a 4370 metros por segundo; en las rocas metamórficas a 3605 metros por segundo; en las rocas sedimentarias a 3473 metros por segundo; y en las arenas y terrenos de acarreo sólo a 1670 metros por segundo.

Esto nos explica claramente el por qué las ondas sísmicas largas (L) se propagaron con mayor velocidad e intensidad por las cadenas montañosas y rocosas y en cambio se amortiguaron más rápidamente por los terrenos blandos de acarreo del Valle Central.

Mientras la ciudad de Santa Cruz, rodeada por los cerros de formación secundaria de la Cordillera de la Costa, caía en ruinas, la ciudad de San Fernando, sobre el valle central, quedaba intacta.

Mientras reventaba el tranque de Coya en la Cordillera de los Andes, Rancagua, al frente, en el Valle Central, sufría pocos perjuicios.

Puede establecerse entonces, como regla general, que las regiones

que más sufren son aquellas situadas en las inmediaciones de cerros o macizos montañosos; de dichos macizos irradian ondas sísmicas secundarias o reflejas, que hacen sentir los movimientos de mar a cordillera o vice-versa, siendo que las ondas principales directas se propagan de sur a norte paralelas al valle central de Chile.

Por las regiones montañosas de rocas antiguas las ondas sísmicas llegan primero y son más violentas; por las regiones de terrenos de acarreo las ondas sísmicas llegan después y son menos violentas.

Teniendo en cuenta estos principios elementales se construyó el mapa isosísmico del terremoto, confirmándose con nuestras determinaciones sismométricas personales este fenómeno.

A continuación damos las determinaciones sismométricas efectuadas por la comisión científica del Observatorio del Salto, en un corte de mar a cordillera a la latitud de la ciudad de San Fernando.

Pichilemu.....	6.º	escala internacional
La Lajuela.....	7.º	» »
Santa Cruz.....	9.º	» »
Cunaco.....	8.º	» »
Nancagua.....	9.º	» »
Placilla.....	8.º	» »
San Fernando.....	7.º	» »
Puente Negro.....	5.º	» »
Llano Briones.....	5.º	» »
Los Quillayes.....	9.º	» »
Cordillera interior.....	10	» »

En otro corte, efectuado de norte a sur, puede observarse cómo la meseta de Camarico amortiguó la propagación de las ondas dejando en la sombra sísmica gran parte del valle central

Así tenemos:

San Fernando.....	7.º	escala internacional
Chimbarongo.....	7.º	» »
Estación Quinta.....	6.º	» »
Curicó.....	8.º	» »
Lontué.....	8.º	» »
Molina.....	7.º	» »
Camarico.....	7.º	» »
Talca.....	10	» »
Constitución.....	10	» »
Linares.....	8.º	» »
Chillán.....	7.º	» »

Al igual que en el terremoto de Santiago del 14 de Abril de 1927, en el terremoto de Talca se observó un aumento de la frecuencia microsísmica en la región epicentral.

El tiempo experimentó notables alteraciones: el día 30 de Noviembre se había producido un cambio brusco en toda la zona central, con un aumento de la nebulosidad y descenso de la temperatura, a la vez que un centro anti-ciclónico con máximo barométrico de 765 milímetros se había formado sobre el valle del Maule. El día 1.º de Diciembre el centro anti-ciclónico se desplazó hacia el norte, encontrándose sobre Coquimbo, mientras una intensa depresión atmosférica aparecía en la región austral provocando mal tiempo y lluvias en los días siguientes. La variación de presión que se produjo en la región epicentral se calcula que excedió de 60,000 toneladas por kilómetro cuadrado de superficie.

El magnetógrafo indicó desde el 30 de Noviembre una fuerte perturbación electro-magnética que se acentuó en la madrugada del 1.º de Diciembre; durante toda aquella noche las agujas magnéticas estuvieron en constante agitación con un período oscilatorio de más o menos siete segundos.

En el mar no se observó raz de marea; pero no obstante, durante toda la madrugada del 1.º de Diciembre hubo una intensa agitación frente a las costas de la zona central y particularmente frente a Constitución.

No se comprobaron sollevamientos ni hundimientos apreciables en la costa de Constitución, según se desprende de los informes proporcionados por los ingenieros de la firma Franke y Julian, constructores de las obras del puerto.

Cerca de un mes después se observó notable actividad en los volcanes del sur, fenómeno que culminó con la violenta erupción del volcán Calbuco el día 6 de Enero de 1929.

La crisis sísmica provocada por el terremoto de Talca, declinó en los primeros meses de 1929.

CAPITULO VIII.—EL ESTUDIO DE LOS TERREMOTOS

Para efectuar las observaciones macro-sísmicas, el Instituto Internacional de Física del Globo ha impartido las siguientes instrucciones:

Escala Sismológica Internacional

GRADOS	ACELERACIÓN	EFFECTOS
1	1 a 2,5 mm. por segundo. MICROSISMO.	Movimiento microsísmico registrado por los Sismógrafos solamente.
2	2,5 a 5 mm. por segundo.	Sacudida constatada por los

	MUY DEBIL.	Sismógrafos y algunas personas en reposo.
3	5 a 10 mm. por segundo. DEBIL.	Movimiento constatado por muchas personas en reposo; algo fuerte para que su intensidad y dirección puedan ser apreciadas.
4	10 a 15 mm. por segundo. MODERADO.	Movimiento constatado por las personas en actividad; débil al aire libre, mejor en las casas. Movimientos de puertas y ventanas, crujimientos de pisos.
5	25 a 50 mm. por segundo. ALGO FUERTE.	Movimiento constatado por toda la población; movimientos de objetos más pesados, muebles, camas. Suenan algunas campanillas.
6	50 a 100 mm. por segundo. FUERTE.	Los péndulos se detienen, suenan las campanillas, movimiento de los árboles, oscilan las lámparas.
7	100 a 250 mm. por segundo. MUY FUERTE.	Volcamiento de objetos móviles, caída de decoraciones de los techos y muros, suenan solas las campanas, pánico general, no hay daños en los edificios bien construídos.
8	500 a 1,000 mm. por segundo. RUINOSO.	Grietas en los muros, caídas de cornizas y chimeneas.
9	1,000 a 2,500 mm. por segundo. DESTRUCTOR.	Destrucción parcial o total de algunos edificios.
10	2,500 a 3,000 mm. por segundo. DESASTROSO.	Los edificios sólidos son destruídos, grietas en el suelo, el agua de los ríos y lagos es proyectada.
11	3,000 a 5,000 mm. por segundo. CATASTROFE.	Destrucción de casas, puentes, y diques. Rieles torcidos, grietas, desbordamiento de los ríos.
12	5,000 a 10,000 mm. por segundo. CATACLISMO.	Ninguna obra humana subsiste, montañas derrumbadas, avalanchas, etc...

Respecto a la forma de efectuar las observaciones se recomienda tener presente los siguientes puntos: 1) Fecha exacta. 2) Localidad de observación. 3) Número de sacudidas que sintió. 4) Dirección de las sacudidas. 5) Duración total de las sacudidas. 6) Intensidad del temblor según la Escala Internacional. 7) Fenómenos que pudo observar. a) Rui-

dos subterráneos; b) Actividad de volcanes; c) Caída de objetos; d) Movimientos especiales del suelo; e) Apertura de grietas en el suelo; f) Fenómenos luminosos, etc. 8) Estado del tiempo; a) Antes del temblor o terremoto; b) Después del temblor o terremoto; 9) Anotaciones generales. 10) Dirección del observador.

EL ESTUDIO MICRO-SISMICO

Para efectuar las observaciones micro-sísmicas es necesario el empleo de los sismógrafos.

Estos instrumentos se basan en la inercia de una masa determinada que puede oscilar en sentido horizontal, tal como una puerta suspendida por sus goznes (Sismógrafos-horizontales) o bien en sentido vertical, mediante un resorte (sismógrafos-verticales).

Existe gran variedad de sismógrafos, todos con sus respectivas ventajas o inconvenientes. No nos detendremos a detallarlos uno por uno, sino que sólo daremos a conocer aquellos que en la actualidad representan las condiciones óptimas para ser adoptados como Tipo Standard en un Observatorio moderno.

Entre los sismógrafos de registro mecánico, el sismógrafo Imamura, ocupa el primer puesto. Este instrumento reúne las condiciones ideales para un Observatorio Sismológico de primer orden. Sobre un mismo cilindro de rotación suficiente para 24 horas, inciben sus movimientos tres plumas inscriptoras correspondientes a las tres componentes, o sea, a la vertical y las horizontales norte-sur y este-oeste. El amortiguamiento se verifica con amortiguadores de aceite de compresión y el registro de la hora se produce, automáticamente, por medio de tres electro-imanos que levantan las agujas cada minuto. Estos sismógrafos que constituyen la última palabra en la materia, representan el tipo standard de instrumento para los tres componentes y son construídas actualmente por la firma «Akashi y Company de Tokio», bajo la dirección del profesor Imamura.

Entre los sismógrafos ultra-sensibles, de registro fotográfico galvanométrico, los *Galitzin-Wilip* ocupan el primer lugar. Estos sismógrafos de sensibilidad prodigiosa están dotados de una pequeña masa que para las componentes horizontales oscila sobre una suspensión Zollner. En el extremo hay un campo magnético ante el cual oscilan las bobinas bajo la acción de los movimientos imprimidos por la masa. Las corrientes inducidas por las pequeñas vibraciones al desplazarse las bobinas ante un campo magnético son transmitidas a un Galvanómetro de registro fotográfico, el cual inscribe mediante un espejito que proyecta un rayo de luz sobre un cilindro motor que desplaza una huincha de papel sensible. De esta manera quedan registradas todas las vibraciones micro-sísmicas de la corteza terrestre. Estos sismógrafos son construídos por la firma «H. Masing», de Dorpat, Estland, bajo la dirección del profesor J. Wilip.

CAPITULO IX.—DETERMINACION DE LOS EPICENTROS

Estudiando los registros dejados por los sismógrafos se observan los siguientes fenómenos: cuando un gran temblor o terremoto lejano se está produciendo, las agujas principian a registrar una serie de pequeñas vibraciones que se prolongan por algún tiempo; luego llega otra serie de vibraciones pequeñas, al término de las cuales llega un tercer grupo de ondas de gran amplitud. Estas tres clases de ondas sísmicas se designan con las letras *P-S* y *L*.

P. y *S.*, que son las primeras en llegar, corresponden a los tremores, preliminares de la primera y de la segunda fase, de las cuales unas son ondas longitudinales y las otras transversales. Estas ondas se propagan por el interior de la tierra y tienen diferentes velocidades.

Después de los tremores preliminares, vienen las ondas sísmicas, largas, designadas por la letra *L*, y que corresponden al temblor mismo. Estas ondas se propagan por la superficie terrestre y tienen una velocidad inferior que las anteriores.

Ahora bien, como estas tres clases de ondas tienen diferentes velocidades de propagación resulta que bastará medir el intervalo de llegada entre unas y otras para determinar la distancia del epicentro.

Para este objeto se han propuesto varias fórmulas y que se enumeran a continuación.

a) Para distancias cortas.

1. Fórmula de Etzold; propone multiplicar por la constante 5,6 la duración total de los tremores preliminares.

2. Fórmula de Laska; se cuenta la duración de los tremores preliminares de la primera fase en minutos y fracciones decimales de minuto, se sustrae la unidad y el resultado indicará en megámetros la distancia.

b) Para distancias largas.

Bendorff, Omori y Stiattesi han propuesto otras fórmulas más complicadas; pero las que se usan hoy día son las de ZOPPRITZ y GEIGER, quienes han calculado tablas denominadas *Hodógrafos*, en las cuales se da la propagación de las ondas longitudinales y transversales para cada distancia en función del tiempo y de la profundidad que penetran en la corteza terrestre, pues, es sabido que la velocidad de estas ondas varía según la densidad del medio.

HODOGRAFOS DE ZOPPRITZ Y GEIGER

DISTANCIAS EPICENTRALES	ONDAS LONGITUDINALES	ONDAS TRANSVERSALES	INTERVALOS EN SEGUNDOS
	P.	S.	
500 km.	69 sg.	124 sg.	55 sg.
1.000 »	136 »	244 »	108 »
1.500 »	199 »	356 »	157 »
2.000 »	257 »	460 »	203 »
2.500 »	310 »	555 »	245 »
3.000 »	358 »	341 »	283 »
3.500 »	402 »	719 »	317 »
4.000 »	442 »	789 »	347 »
4.500 »	478 »	854 »	376 »
5.000 »	512 »	913 »	401 »
5.500 »	542 »	971 »	429 »
6.000 »	572 »	1.028 »	456 »
6.500 »	601 »	1.084 »	483 »
7.000 »	631 »	1.140 »	509 »
7.500 »	660 »	1.194 »	534 »
8.000 »	688 »	1.249 »	561 »
8.500 »	716 »	1.301 »	585 »
9.000 »	743 »	1.354 »	611 »
9.500 »	769 »	1.404 »	635 »
10.000 »	795 »	1.453 »	658 »
10.500 »	820 »	1.500 »	680 »
11.000 »	844 »	1.545 »	701 »
11.500 »	867 »	1.588 »	721 »
12.000 »	888 »	1.629 »	741 »
12.500 »	909 »	1.668 »	759 »
13.000 »	929 »	1.705 »	776 »

CAPITULO X.—REPARTICION DE LA FRECUENCIA SISMICA
A LO LARGO DE CHILE

A continuación se da un cuadro comparativo con el porcentaje de la frecuencia sísmica de Arica a Magallanes.

Arica.....	0.3%
Iquique.....	0.2 »
Antofagasta.....	0.4 »

Taltal.....	0.7 »
Caldera.....	1.5 »
Copiapó y Vallenar.....	37 »
Coquimbo.....	8 »
Valle del Aconcagua, comprendiendo a Santiago y Valparaíso.....	33 »
San Fernando.....	4 »
Talca.....	6 »
Concepción.....	3 »
Temuco.....	1 »
Valdivia.....	4.5 »
Puerto Montt.....	1 »
Magallanes.....	asísmico

CAPITULO XI.—FRECUENCIA SISMICA ANUAL

De las estadísticas practicadas, se deduce que la frecuencia sísmica anual presenta una variación periódica bien marcada y que está en relación inversa con las variaciones de la actividad solar.

También se ha observado que la frecuencia sísmica parece ser más intensa en primavera y verano que en otoño y en invierno.

CUADRO DE LA FRECUENCIA SISMICA ANUAL DE CHILE

(Tembloros registrados en Santiago)

Años	Tembloros
1909.....	129
1910.....	188
1911.....	244
1912.....	300
1913.....	145
1914.....	141
1915.....	97
1916.....	98
1917.....	100
1918.....	96
1919.....	52
1920.....	83
1921.....	81
1922.....	195
1923.....	94

1924.....	106
1925.....	133
1926.....	171
1927.....	113
1928.....	368
1929.....	85
1930.....	54

La repartición de los terremotos según los siglos es la siguiente:

Siglo XVI.....	9 terremotos	
Siglo XVII.....	12	»
Siglo XVIII.....	20	»
Siglo XIX.....	71	»
Siglo XX.....	17	» hasta la fecha

Por término medio hay un gran temblor o terremoto cada tres años y en general se observa que esta región del planeta avanza rápidamente hacia una crisis sismotectónica intensa con un aumento gradual y progresivo de la frecuencia o intensidad de los terremotos.

NOTA.—En todos los cuadros se han denominado «Terremotos», todos los temblores que han excedido el grado 8 de la Escala Internacional.

ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DE RELACION ENTRE LOS TEMBLORES Y LOS CAMBIOS DE TIEMPO

Es un fenómeno observado y comprobado desde la época de la colonia la estrecha relación entre ciertos temblores y los cambios bruscos del estado del tiempo.

Don Benjamín Vicuña Mackenna, en *El Clima de Chile*, fué uno de los primeros en señalar en una forma sistemática estos fenómenos y al efecto recopiló una larga serie de observaciones sobre esta materia.

Posteriormente el sabio sismólogo don Fernando Montessus de Baille negó esta relación basándose en largas estadísticas, en las cuales se daba la frecuencia sísmica y los promedios de presión, temperatura, lluvias, etc. Sin embargo, dichas estadísticas no tienen ningún valor probatorio por cuanto no se procedió en ellas previamente a una clasificación detallada de los temblores y de los fenómenos meteorológicos.

Es muy sabido por los meteorólogos que al operar con promedios, los valores positivos y negativos se anulan mutuamente y he aquí la razón por qué no resulta ninguna relación con el fenómeno sísmico. En consecuencia, para proceder en una forma racional y científica, es necesario hacer un estudio analítico de la ley de variación del fenómeno.

Ahora bien, entrando en materia, podemos señalar casos concretos en que tal relación se produce, debiendo intervenir para ello múltiples circunstancias determinantes. No todos los temblores vienen acompañados necesariamente de cambios de tiempo, ni todos los cambios de tiempo vienen acompañados de temblores. Para que la relación ocurra es necesario que, después de una prolongada calma sísmica absoluta o relativa, el temblor esté a punto de producirse. En estas circunstancias que denominaríamos de «predisposición», basta cualquier cambio brusco en el estado atmosférico para que actúe como factor determinante del movimiento sísmico.

Sin duda que el elemento que tiene mayor valor determinante es la presión atmosférica, pues, por cada milímetro de variación hay un cambio de 13 kilos por metro cuadrado que representan 13,000 toneladas por kilómetro cuadrado de superficie. Al producirse estas enormes variaciones de presión en extensiones de miles de kilómetros cuadrados y al actuar en ciertos momentos sobre una determinada línea de fractura, donde las presiones se suman e igualmente el equilibrio es inestable, se explica fácilmente cómo esta brusca variación de presión puede ser la determinante de un fenómeno sísmico, sin necesidad de ser su causa.

Por otra parte, las observaciones micro-sismométricas hechas con sismógrafos *Galitzin Wilip* de registro fotográfico Galvanómetro, por Ernesto Cherzi en el Observatorio de Zi-Ka-Wei, han demostrado que el frío y el calor producen ondas sísmicas de dilatación y contracción en la superficie de la corteza terrestre, siendo una nueva causa determinante del fenómeno, en temblores que están a punto de producirse.

Finalmente no sólo la presión y la temperatura influyen en forma directa sino que otros elementos, como el viento, las mareas, las olas y las tempestades provocan agitaciones microsísmicas que son claramente registradas por los sismógrafos ultrasensibles.

En consecuencia, la relación entre los temblores y los cambios atmosféricos es un fenómeno que tiene su explicación científica y que se desprende del estudio analítico de cada fenómeno en particular. Operando con promedios, los valores positivos y negativos se anulan, no resultando, por consiguiente, ninguna relación. Por medio del Estatoscopo se ha podido evidenciar, en el Observatorio del Salto, la relación de causa a efecto entre las variaciones bruscas de la presión, como factor determinante de temblores que están a punto de producirse.

SOBRE LA POSIBLE RELACION ENTRE LOS FENOMENOS SISMICOS Y LAS PERTURBACIONES MAGNETICAS Y SOLARES

En numerosos casos observados y comprobados, ha existido una estrecha relación entre los fenómenos sísmicos e intensas perturbaciones electro-magnéticas y solares. Esto induce a pensar que no se trata de cosas

fortuitos sino que es posible que exista una relación, aunque indirecta, entre todos estos fenómenos. Si anteriormente esto no se había observado era por la carencia absoluta de observaciones electro-magnéticas en nuestro país; pero desde que el primer magnetógrafo fué instalado, las comprobaciones de este fenómeno han sido frecuentes.

Ahora bien, si admitimos que ciertos temblores y terremotos coinciden con cambios atmosféricos, y a su vez, éstos, de acuerdo con las leyes de Clayton, dependen de las variaciones de la radiación solar, lógico será esperar perturbaciones análogas y simultáneas en el magnetismo terrestre, ya que se ha observado y comprobado desde hace cerca de un siglo que todas las perturbaciones solares de importancia provocan en la tierra auroras polares, corrientes telúricas y tempestades electro-magnéticas. Por otra parte, el desplazamiento de grandes masas minerales en los procesos tectónicos puede ser también la causa probable y necesaria para producir estas perturbaciones magnéticas.

Por estas razones no es aventurado suponer que, entre todos estos fenómenos, debe existir un lazo de unión, sin necesidad de que exista una relación de causa a efecto.

Sobre esta materia M. Edmond Rothe, Director del Instituto Internacional de Física del Globo y Jefe del Servicio Sismológico de Francia dice:

«No es superfluo comparar las inscripciones de los sismógrafos y magnetógrafos. Hace poco que este estudio ha sido emprendido por el Observatorio de Zi-Ka-Wei y figura en la orden del día del *próximo Congreso Internacional de Geofísica y Sismología.*»

Sin duda, el caso típico más interesante se produjo en la intensa perturbación electro-magnética que coincidió con el terremoto de Santiago del 14 de Abril de 1927, fenómeno que fué confirmado con las observaciones del Observatorio del Pilar (Argentina), del Observatorio de Monte Wilson (EE. UU.) y del Observatorio del Ebro (España).

En la comunicación del Observatorio de Monte Wilson, publicada en el *Boletín de la Astromomical Society of the Pacific* dice:

«Una gran tempestad electro-magnética ocurrió el 14 de Abril de 1927. Esta tempestad fué provocada por los grupos de manchas solares N.º 2933-2934 y 2937, que en forma de una corriente de 30° de longitud, cruzaron el meridiano central del Sol entre el 11 y 13 de Abril. Otro grupo de manchas solares mostraron una considerable actividad en esa fecha, etc.»

Por otra parte, en una comunicación que nos ha enviado M. Albert Nodon, presidente de la Sociedad Astronómica de Burdeos, Francia, nos dice:

«El 14 de Abril el Sol presentaba una gran cantidad de focos activos; « es así cómo los grupos de manchas eran 10, el 12 de Abril; 9 el 13; 11 el « 14; y 10 el 15. Del 13 al 14 de Abril un inmenso grupo de manchas « solares pasó por el meridiano central del Sol, siendo visible aún a simple « vista. Este grupo empezó a disminuir rápidamente a partir del 14.

A petición nuestra Mr. Hazel Marie Losh, del Observatorio del Monte Wilson, nos envió la polaridad electro-magnética de estos grupos de manchas, así como la intensidad de su campo electro-magnético en Gauss determinado mediante el fenómeno Zeemann.

El grupo 2933 de polaridad boreal tenía un campo electromagnético de 1,700 Gauss.

El grupo 2934 presentaba una mancha principal de polaridad austral con un campo electro-magnético de 2,400 Gauss.

El grupo 2937 de polaridad boreal tenía una intensidad electro-magnética de 1,600 Gauss.

Estas observaciones efectuadas en el Observatorio de Monte Wilson pueden dar una idea de la intensa perturbación electro-magnética provocada en la Tierra por el paso de estos enormes grupos de manchas solares.

Por otra parte y en forma paralela se observó en el Observatorio de Monte Montezuma, de la Smithsonian Institución, una intensificación de la radiación solar a 1.952 calorías el día 10 de Abril, lo que explica la concomitancia entre los fenómenos magnéticos y meteorológicos que coincidieron con el fenómeno sísmico.

El astrónomo francés M. Albert Nodon presentó a la Sociedad Astronómica de Burdeos, a raíz de estos fenómenos, la siguiente comunicación:

«En un interesante estudio publicado en Santiago de Chile por el señor Julio Bustos Navarrete, director del Observatorio del Salto, hace el análisis de las teorías más recientes sobre el origen de los sismos y estudia, en particular, los fenómenos observados en el terremoto de Santiago de Chile, del 14 de Abril de 1927. Esta cuestión de palpitante actualidad, presenta un interés especial para Chile, constantemente agitado por los terremotos...»

«Se admite generalmente que las grandes perturbaciones solares provocan una emisión coronal de sustancias fuertemente ionizadas, de las cuales una parte liga a la tierra, determinando la producción de fuertes cargas eléctricas que se localizan en la alta atmósfera, particularmente en las regiones polares. Serían estas enormes cargas eléctricas que atravesando la atmósfera producen las perturbaciones precedentes.»

En numerosas comunicaciones presentadas a la Academia de Ciencias de París, he hecho referencias a estas observaciones.

«Desde algún tiempo antes de la aparición de los sismos el magnetógrafo acusa oscilaciones bruscas cuyo período medio es de siete segundos.

«Un electrómetro de hojas de aluminio cargado y encerrado en una caja de Faraday acusa oscilaciones isócronas con las del magnetógrafo. Estos efectos son percibidos a grandes distancias de los epicentros sísmicos, sobre todo cuando los sismos deben ser intensos; es así cómo nos-

otros hemos observado estas perturbaciones en Burdeos y en los Pirineos antes de grandes sismos japoneses, es decir, casi en las antípodas.

«Las perturbaciones reveladas por el electrómetro y el magnetómetro aparecen y desaparecen bruscamente, duran a veces una semana entera y concuerdan a menudo con el pasaje de focos solares muy activos.»

SOBRE LA POSIBLE RELACION ENTRE LAS ERUPCIONES VOLCANICAS Y LOS FENOMENOS SISMICOS

«Materia muy discutida ha sido la relación entre los fenómenos volcánicos y sísmicos. En este trabajo nos concretaremos a resumir nuestras observaciones, haciendo resaltar su concomitancia, pero sin pretender establecer una relación de causa a efecto entre ellos.

En numerosos trabajos presentados por hombres de ciencia extranjeros, entre otros, por don Pablo A. Loos, director del Observatorio Sismológico de Mendoza y por el profesor Sr. J. Hartman, director del Observatorio de la Universidad de la Plata, se han hecho referencias a nuestras investigaciones sobre la materia.

En efecto, desde 1927, nuestros colaboradores, miembros de la Sociedad Meteorológica de Chile, han efectuado interesantes observaciones volcánológicas en diferentes puntos del país.

A raíz del terremoto del 14 de Abril de 1927, se produjo una intensa actividad volcánica en la Cordillera de los Andes. El punto culminante de esta crisis fué la erupción del Volcán Llaima, el cual desde entonces se ha mantenido en constante actividad. Nuestro observador en Lautaro de Llaima, señor Ricardo Ramírez, ha diseñado una serie de interesantes gráficos comparativos de la actividad del Volcán Llaima durante los años 1927 y 1928, habiendo demostrado que en este último año la actividad del Volcán ha sido la mitad menos intensa que en 1927.

Después de esta disminución gradual y progresiva de la actividad del Llaima, nuestro corresponsal observó dos crisis violentas a raíz del terremoto del 1.º de Diciembre de 1928, y luego después de la erupción del Calbuco, en Enero de 1929. Esta última, particularmente intensa, se inició el día 18; a las 17 horas empezó a desarrollarse una gruesa columna de humo, como una especie de tromba que terminaba en un grueso cúmulus que se desarrollaba cada vez más, pero sin perder su cohesión.

Se caracterizaba por una base negrusca de contornos rojizos, que terminaba en un enorme copo blanco. A las 19 horas se observaba un derrame de lava, como una gran arista, desde el cráter a la base. Al mismo tiempo se notó actividad en los volcanes vecinos: el Lonquimay y el Tolhuaca.

La violenta erupción del Calbuco en la madrugada del 6 de Enero de 1929, a raíz del terremoto de Talca, es otro fenómeno particularmente interesante. Nuestro observador, profesor señor Kurt Wolfugel, Cayetué,

Lago de Todos los Santos, nos comunicó lo que sigue: «Desde la mañana antes de las 6 horas un trueno largo y prolongado con cielo claro; a las 6.30 empezó a llover ceniza, poniéndose el cielo progresivamente más obscuro. A las 8 de la mañana el Sol había desaparecido y teníamos noche obscurísima. Todo el paisaje estaba envuelto en las tinieblas, mientras que una lluvia densa de ceniza caía verticalmente. A las 11 menos un cuarto, comenzó a aclarar y a las 11 el Sol se vislumbró, pálido como la luna llena. Todo el día continuó cayendo la lluvia de ceniza en medio de una semi-obscuridad lóbrega. Hacia el Oeste se oían los sordos ruidos subterráneos del volcán. La ceniza examinada al microscopio tenía los granos en forma de elipsoide, alargada, granulada y de tono amarillento. La altura de ceniza sobre el suelo, llegó a 1.4 centímetros».

SOBRE LA POSIBLE RELACION ENTRE LA INTENSIDAD DE LOS FENOMENOS SISMICOS Y LA CONSTITUCION GEOLOGICA DE LA CORTEZA TERRESTRE.

Ha llamado particularmente la atención, especialmente en los últimos terremotos, las grandes diferencias de intensidad producidas entre puntos muy próximos. Mientras ciudades enteras han caído arruinadas, a pocos kilómetros otras se han conservado intactas; mientras una parte de una ciudad ha sufrido las consecuencias desastrosas de un terremoto, otros barrios de la misma ciudad han sufrido mucho menos.

Todas estas anomalías sólo se explican por el desigual coeficiente de conductibilidad para las ondas sísmicas de las capas superficiales de la corteza terrestre, y por la acción combinada de las ondas directas y reflejas que irradian de los macizos montañosos.

Así por ejemplo, en el terremoto del 16 de Agosto de 1906, se observaron grandes diferencias en los perjuicios producidos en Valparaíso, entre la población situada en los cerros, principalmente en el cerro Almendral y el plano de la ciudad.

En el terremoto del 14 de Abril de 1927, en Santiago, el área de máximos perjuicios se circunscribió al barrio Recoleta que queda situado entre los macizos montañosos del San Cristóbal, Conchalí y Cerro Blanco; en cambio, el resto de la ciudad sufrió mucho menos.

Pero fué en el terremoto de Talca del 1.º de Diciembre de 1928, donde estas diferencias se hicieron más acentuadas debido a la constitución geológica especial de aquella región. Al entrar en movimiento el valle del Maule, la ola de destrucción se propagó simultáneamente, en forma de dos grandes brazos, uno que avanzaba por la cordillera de la Costa arrasando los pueblos y ciudades hasta Santa Cruz, y el otro por la cordillera de los Andes hasta reventar el Tranque de Coya frente a Rancagua. Mientras tanto, la cuasi meseta de Camarico amortiguó las ondas sísmicas, dejando en la «sombra sísmica» gran parte del valle central. Fué

así como la ciudad de San Fernando y otras, escaparon a la ola de destrucción.

Por otra parte, más al norte, desde los macizos de la cordillera de los Andes y de la cordillera de la Costa irradiaban ondas sísmicas secundarias, reflejas, que conmovían los terrenos de acarreo del Valle Central con movimientos desordenados de este a oeste, norte a sur, etc. Esta confusión de direcciones en la propagación de las ondas sísmicas superficiales, que se desprende de los cientos de circulares con observaciones sismométricas que se recibieron de aquella región, indican claramente que no fueron las ondas directas, sino las reflejas las que actuaron más al norte en el Valle Central.

Fué así cómo por estos movimientos secundarios cayó destruída la ciudad de Pelequén, mientras que entre dicha ciudad y la zona epicentral se observaron muchas lagunas asísmicas de mínima destrucción.

En consecuencia, tanto para la construcción de edificios, como para el trazado de los mapas isosísmicos hay que tener muy en cuenta la constitución geológica de la región.

CONCLUSIONES

En este estudio se ha resumido el estado general de los conocimientos científicos sobre los temblores y terremotos.

Del análisis de este trabajo se desprenden las siguientes conclusiones:

1.º La constitución interna de nuestro planeta hoy día no es un misterio, habiendo podido ser estudiada mediante los sismógrafos y la propagación de las ondas sísmicas.

2.º Los temblores y terremotos no se producen en cualquier parte de la Tierra, sino que a lo largo de ciertos pliegues de la *Lythosfera*, denominados Geo-sinclinales. Dentro de estos pliegues existen puntos de mayor actividad denominados focos sísmicos.

3.º Los focos sísmicos se encuentran situados precisamente en aquellas zonas de gran relieve terrestre.

4.º En el tiempo los temblores y terremotos se agrupan constituyendo períodos de crisis sísmicas, precedidos de otros períodos de calmas sísmicas.

5.º Generalmente las crisis sísmicas se propagan a lo largo de la Geo-sinclinales, de un foco sísmico a otro, constituyendo lo que se llama un proceso sismo-tectónico.

6.º En los últimos cuatro siglos se ha observado que por lo menos hay un gran temblor o terremoto cada tres años, produciéndose un aumento gradual y progresivo de los sismos en frecuencia e intensidad.

7.º La frecuencia de los temblores y terremotos se reparte a lo largo del territorio exactamente de acuerdo con los focos sísmicos.

8.º Se ha observado que casi todos los grandes temblores y terre-

motos son precedidos de una calma sísmica, absoluta o relativa, seguida luego de un aumento de la frecuencia sísmica en la región epicentral.

9.º Se ha observado que en la mayoría de los casos los temblores y terremotos coinciden con cambios atmosféricos, que sin ser fenómenos dependientes son concomitantes.

10. Se ha observado que después de grandes temblores o terremotos se han producido intensas erupciones volcánicas que, sin tener una relación de causa a efecto con el fenómeno sísmico, le son concomitantes.

11. Se ha observado que los temblores y terremotos han coincidido con fuertes perturbaciones electromagnéticas que, sin necesidad de ser causa, están indirectamente relacionadas con los cambios de tiempo y la actividad solar.

12. Se ha observado que el grado de destrucción de un terremoto, depende directamente de la constitución geológica de la corteza terrestre.

Observatorio del Salto, Noviembre de 1930.