



CONTRIBUCIONES

PARA UN ESTUDIO CIENTÍFICO DEL TERREMOTO
DEL 16 DE AGOSTO DE 1906.

POR EL

DR. H. STEFFEN

INTRODUCCION

La investigacion científica sobre los diferentes elementos sísmicos del terremoto del 16 de Agosto pasado, está caracterizada de antemano por la falta de anotaciones instrumentales. El aparato rejistrador del Observatorio Nacional de Santiago quedó inutilizado, a causa de la violencia del movimiento que hizo saltar la pluma en medio del sacudimiento mas recio, i los apuntes tomados por unos pocos particulares en aparatos de su propia invencion sirven, a lo mas, para precisar en algunos puntos las indicaciones sobre la direccion principal del movimiento.

Las informaciones que son la base del presente trabajo provienen, pues, por la mayor parte, de las comunicaciones

ALEJANDRA ARAYA ESPINOZA

Doctora en Historia por el Colegio de México, su formación inicial la realizó en la Universidad de Chile donde actualmente es académica asociada del Departamento de Ciencias Históricas. Autora del libro *Ociosos, vagabundos y malentretidos en Chile Colonial* (Centro de Investigaciones Barros Arana/LOM Ediciones, Santiago, 1999), y artículos de historia de las mentalidades y del cuerpo en la sociedad colonial americana, entre ellos, “El castigo físico: el cuerpo como representación de la persona, un capítulo en la historia de la occidentalización de América, siglos XVI-XVIII”, en *Historia*, PUC, N° 39, Vol. II, 2006, pp. 349-367 y “Sirvientes contra amos: las heridas en lo íntimo propio”, en Gazmuri y Sagredo (dirección), *Historia de la Vida Privada en Chile*, vol. I, Santiago, Taurus, 2005.

MAGNITUDES E INTENSIDADES: EL CUESTIONARIO DE STEFFEN

Alejandra Araya Espinoza

En los 386 años que van entre 1520 y 1906 se registraron 282 desastres; años que el historiador Rolando Mellafe señaló como dominados por el acontecer infausto. En distintos puntos del Chile actual, los habitantes sufrieron un terremoto cada 3,8 años, un temporal con inundaciones o un año muy seco cada 7, y una epidemia cada cuatro. Esta historia es la de las relaciones entre “lo chileno” y la naturaleza a nivel individual y colectivo. El terremoto de 1906, el primero del siglo XX, impuso al país la necesidad de enfrentar de otro modo los movimientos de la tierra, acudiendo a las mediciones científicas, el control de los instrumentos, y las políticas públicas frente a la catástrofe. Dos años después, el rector de la Universidad de Chile, Valentín Letelier, y el presidente de la República, Pedro Montt, firmaron el decreto que creó el Instituto Sismológico. A la tensión permanente con el poder de la naturaleza, sumamos hoy la frustración que nos produce el que las instituciones no funcionen como se espera o se desea, o que las comunicaciones dejen de comunicar. Un terremoto es un acontecimiento impredecible. Allí radica su poder: desestabiliza el mundo conocido, insertando el caos y el descontrol en la vida cotidiana.

El artículo del doctor Frederic Emil Hans Steffen Hoffman (1865-1936) es un texto que nos muestra los esfuerzos humanos por instalar un mínimo de seguridad frente a la naturaleza, dominándola con el relato de la ciencia. Pero ese 16 de agosto de 1906, la violencia del movimiento fue tal, que hizo saltar la pluma del registrador sismológico existente en el Observatorio Nacional y remitió de golpe al testimonio como única posibilidad para medir la intensidad del sismo. El encuentro entre dos mundos, el de la magnitud (una sola) y el de la intensidad (múltiple y cualitativa) colocaron al riguroso doctor Steffen frente a un desafío mayor: hacer un estudio científico del sismo con el cuestionario que la Comisión de Estudios del Terremoto solicitó a las autoridades y personas idóneas —como los profesores— en 2500 ejemplares repartidos en toda la República. Para mayor desesperación de Steffen, solo se obtuvo un 6% de respuestas a las 17 preguntas que permitirían determinar la hora del sismo, sus características y los elementos necesarios para medir su intensidad según la escala de Mercalli, la más aceptada en ese entonces para los sismos que merecían ser llamados terremotos.

El cuestionario es un instrumento muy interesante que permite dibujar nuestros gestos centenarios: observar las lámparas que se balancean, las tejas que se corren, los dinteles de las puertas, correr hacia los cerros y las acrobacias para mantenerse en pie. Steffen los lee atentamente, su método crítico es admirable, lo cual corrobora las cualidades que distintos estudiosos han destacado sobre sus trabajos: los informes de las exploraciones que este geógrafo alemán realizó entre 1892 y 1902 en la Patagonia. Este

material ayudó a definir el laudo arbitral con Argentina por estos territorios, y hoy forma parte de la literatura que los incorpora al imaginario nacional. Manuel Rojas reparó en su obra mientras oficiaba de corrector de pruebas de las prensas de la Universidad de Chile. Revisó en 1944 la edición en español del libro más conocido del científico: *Patagonia Occidental* (Berlín, 1919). Lo nombra “alemán y patagónico”, señalando un aspecto muy interesante que se trasluce en el texto seleccionado y es que, al parecer, en sus exploraciones solo le interesaron las “cantidades” y sus observaciones son de geógrafo, nada más que geógrafo: para Steffen parece no haber flores, mariposas o pájaros. Aunque “falto de sentido literario, faltar de sentido poético y del humor”, Rojas lo colocó entre sus “dioses menores” porque en su cabeza tenía, como en una pantalla, la Tierra. Este mismo efecto nos produce su trabajo sobre el terremoto que anunció la llegada del siglo XX en Chile, ese país al que Steffen llegó con 24 años, contratado en 1889 por el gobierno del presidente José Manuel Balmaceda como parte de los 180 sabios alemanes que se harían cargo de la formación de las primeras generaciones de profesores del Instituto Pedagógico. Jubiló en 1913 por una afección pulmonar, radicándose en Suiza, donde murió en 1936 en el pueblo de Clavadel. Sus restos fueron expatriados en 2001 por iniciativa de conocedores de su obra, inaugurándose en 2006 un memorial cinerario en el cementerio El Claro, a 2 km de Coyhaique.

La experiencia de sus caminatas le guió en el recorrido por las zonas siniestradas dejando, como en tantas otras ocasiones, sus clases por su pasión geográfica al servicio del gobierno de Chile. Ordenó meticulosamente las descripciones de los “choques” de la tierra, tan espantosos que su científica escritura no pudo borrar del todo la experiencia de la muerte de más de 3000 personas y el terror de los sobrevivientes, entre ellos, el destacado hombre de teatro Antonio Acevedo Hernández, quien describió esa noche como la noche en que la confusión tomó forma: “forma de una sinfonía tremenda; se mezclaron los ruidos producidos por los edificios, al derrumbarse, con los gemidos más tristes, las voces de llamada, los estertores de la muerte. Todo acompañado por la música de fondo del mar”.

Contribuciones para un estudio científico del terremoto del 16 de agosto de 1906 Por el Dr. H. Steffen

INTRODUCCIÓN

La investigación científica sobre los diferentes elementos sísmicos del terremoto del 16 de agosto pasado, está caracterizada de antemano por la falta de anotaciones instrumentales. El aparato registrador del Observatorio Nacional de Santiago, quedó inutilizado, a causa de la violencia del movimiento que hizo saltar la pluma en medio del sacudimiento más recio, i los apuntes tomados por unos pocos particulares en aparatos de su propia invencion sirven, a lo mas, para precisar en algunos puntos las indicaciones sobre la direccion principal del movimiento.

Las informaciones que son la base del presente trabajo provienen, pues, la mayor parte, de las comunicaciones que la Comision de Estudios del Terremoto, nombrada por el Supremo Gobierno, ha recibido en contestacion de sus circulares i cuestionarios repartidos por toda la República, i de los apuntes tomados por varios de sus miembros al recorrer las rejiones afectadas principalmente por el terremoto. Además, se han utilizado los informes comunicados por los jefes de las oficinas metereológicas i telegráficas del Estado a la Oficina del Tiempo del Instituto Agrícola, como tambien algunas comunicaciones enviadas por los gobernadores i subdelegados marítimos de la rejion central a la Direccion del Territorio Marítimo en Valparaíso. Finalmente, uno que otro dato ha sido tomado de las publicaciones de la prensa diaria.

Daremos a conocer en seguida la forma en que el material de informaciones ha sido coleccionado i agregaremos algunas observaciones respecto del valor que pueda atribuírsele.

El cuestionario que fué repartido junto con una esposicion sumaria sobre los fenomenos mas importantes de los temblores (traduccion lijeramente modificada, de una cartilla elaborada por la Oficina Central de la Asociacion Sismológica Internacional en Estrasburgo), se ajusta, con algunas modificaciones del caso, al modelo de un esquema de preguntas confeccionado por la Sociedad Suiza de Ciencias Naturales. Su texto es el siguiente:

1. Lugar de la observacion (ciudad o pueblo, departamento i provincia)
2. ¿En qué dia i a qué hora (si es posible con minutos i segundos) se sintió el sacudimiento?
3. ¿Cuál era el adelanto o atraso del reloj con que se hizo la observacion, en comparacion de la próxima oficina de telégrafos, i a qué hora se le comparó allí?
4. Indicacion mas exacta del punto en que se encontraba la persona que hizo la observacion (al aire libre en la casa i en este último caso en que piso del edificio).
5. ¿En qué clase de terreno está situado el lugar de la observacion (en roca sólida, o en arena i en terreno movedizo?)
6. ¿Cuántos choques se han sentido i en qué intervalos de tiempo?
7. ¿De qué naturaleza era el movimiento (un golpe brusco desde abajo o una presion lateral i balanceo lento, o un movimiento ondulatorio o una simple trepidacion?)
8. ¿Era el movimiento distinto en los diferentes sacudimientos?
9. ¿Desde qué direccion parecia venir el movimiento?
10. ¿Cuánto tiempo parecia durar cada movimiento?
11. Efectos producidos por el temblor.

De valor especial serian indicaciones sobre los puntos siguientes:

Cambio de posicion en los muebles; orientacion de las paredes en dónde se pararon relojes de péndulo o se movieron cuadros, etc.; movimientos de lámparas de colgar; grietas en los edificios,

su direccion i la de las murallas respectivas; caídas de chimeneas, columnas, estatuas, etc. Basta indicar la direccion segun la rosa de los vientos. Cualquier otro dato que pueda tener interes.

12. ¿Se han sentido ruidos junto con el movimiento? Indicacion sobre la naturaleza del ruido, si provenia del movimiento de los edificios, o si era subterráneo. ¿Era parecido al trueno, o a detonaciones, o al ruido producido por el movimiento de un carro pesado, o al bramido, o al rumor que acompaña a las mareas?
13. ¿Era el ruido anterior o posterior al sacudimiento i de qué duracion era en comparacion a la de los choques?
14. Fenómenos accesorios. ¿Se enturbiaron o desaparecieron las vertientes de agua? ¿Hubo fenómenos metereológicos especiales al mismo tiempo o poco ántes o después del temblor? ¿Se observaron descargas eléctricas i de qué naturaleza i en qué direccion del cielo? Indicacion del estado del barómetro.
15. ¿Ha habido temblores mas débiles ántes i después del choque principal? ¿A qué horas se sintieron i de qué naturaleza eran?
16. Agregar para los observadores en la region de la costa: ¿Qué movimientos se han notado en el mar? ¿Se han comprobado cambios en la línea de la costa?
17. Nombre i direccion del observador.

Este cuestionario tiene tal vez el defecto de ser demasiado detallado, imponiendo, por consiguiente, algunas molestias tanto a las personas que se encarguen de contestarlo, como a los que comprendan la elaboracion posterior de los datos comunicados. La Comision se resolvió, sin embargo, aceptar un esquema en que se especifican con precision los distintos elementos sismicos que es de importancia conocer, en lugar de repartir formularios de preguntas mas o menos vagas que dejan al criterio de cada observador la eleccion de la materia que le pareciera conveniente comunicar.

Se han repartido aproximadamente 2.500 ejemplares del cuestionario, solicitando la cooperacion de los intendentes i gobernadores, rectores de liceos i otros establecimientos de enseñanza pública i particular, injenieros de provincia, gobernadores marítimos i capitanes de puerto, cónsules extranjeros en Chile, cónsules i agentes consulares chilenos en la República Argentina, jefes de estaciones ferroviarias i de oficinas telegráficas, comandantes de policía, guardianes de faros, compañías de vapores i de gran número de personas e instituciones que parecian idóneas para recoger informaciones, cuyo conjunto formaria un material homogéneo, indispensable para las investigaciones de la Comision.

El resultado ha quedado, sin embargo, mui inferior a las esperanzas de la Comision, pues el número de las contestaciones recibidas desde uno al otro extremo de la República, no alcanza sino a 155, es decir a poco mas del 6% del total de los cuestionarios repartidos.

Se agregan a estos unos 120 informes, generalmente cortos i poco precisos, remitidos a la Oficina del Tiempo, i 17 comunicaciones referentes a observaciones en las costas de la region central, puestas a disposicion de la Comision por la Direccion de Territorio Marítimo.

El valor de los datos contenidos en las contestaciones remitidas deja, en algunos puntos por lo ménos, bastante que desear, lo que se explica por la naturaleza misma de semejantes observaciones, la mayor parte de las cuales exige indudablemente un grado no comun de sangre fria i presencia de ánimo en los momentos críticos. Así se comprende que las indicaciones sobre la hora de principio de las sacudidas, o sobre la naturaleza i direccion de los movimientos resultaban bastante diverjentes e inseguras; en cambio, no podemos ménos de reconocer que otros datos, como los relativos a los efectos producidos por el terremoto o a los fenómenos accesorios, forman un material valioso para el estudio, siendo raros los casos en que se nota contradicciones o tendencias de opiniones preconcebidas entre los observadores. Hai que dejar constancia, tambien, de que no falta un número pequeño de informes que dejan ver que sus autores han acogido el asunto con inteligencia i entendimiento poniendo cuidado en una contestacion detallada i precisa de cada punto del cuestionario.

Los estudios practicados en el terreno por los miembros de la Comision, han debido quedar limitados por varios motivos. Se comprende que el objeto principal de los viajes a traves de la zona en que con toda probabilidad habia de ubicarse el epicentro del terremoto, debia ser el reco-

nocimiento de las fallas o desplazamientos que se hubieran formado eventualmente en el terreno, indicando de un modo inequívoco la perturbacion de la costra terrestre que hubiera orijinado el terremoto. Hai que advertir de antemano que no ha sido posible descubrir vestigio alguno de tal dislocacion tectónica superficial, cuyo encuentro habria resuelto de un golpe el problema del orijen del movimiento sísmico, simplificando al mismo tiempo la investigacion sobre los demas elementos del terremoto. Uno de los puntos capitales del estudio ha quedado, pues, indeciso, i en su discusion se abre todavía campo a la hipótesis, si bien hai fuertes indicios que permiten hacer conclusiones sobre el orijen tectónico del terremoto.

Al mismo tiempo, hai que confesar que un estudio detenido de las cuestiones jeo-tectónicas relacionadas con el terremoto, tropieza actualmente con las dificultades casi insuperables, a causa de la falta de levantamientos jeológicos en la rejion correspondiente. El atlas jeológico de Pissis, en las hojas que representan las provincias centrales de la República i que se consideran las mejores de toda la obra, resulta casi completamente inservible, pues no solamente su distincion de las formaciones es anticuada, sino tambien los límites i la extension de ellas que se indican en el atlas, están a menudo en pugna abierta con las condiciones reales. Ademas faltan indicaciones sobre el arrumbamiento i la inclinacion de las estratas, es decir, los principales elementos tectónicos, cuyo conocimiento es indispensable para el fin que perseguimos. Habria sido, pues, necesario que la Comision misma hiciera un levantamiento jeológico i tectónico de las rejiones recorridas como base de sus investigaciones en el terreno, acometiendo un trabajo, para cuya confeccion una série de expertos jeólogos necesitaria largos meses de no interrumpida actividad. Es escusado observar que la Comision no estaba preparada para eso, ni contaba tampoco con el tiempo i recursos necesarios, para realizar siquiera aproximadamente tal empresa.

Los comisionados se han limitado, por consiguiente, en sus viajes, a recoger el mayor número de datos posibles acerca de los efectos producidos por el terremoto en las diferentes rejiones con relacion al carácter del terreno i al material i modo de construcciones, formándose un juicio sobre la intensidad de los sacudimientos i la posibilidad de clasificarla en una escala conveniente. Al mismo tiempo se han podido comprobar algunos fenómenos jeo-morfológicos de gran interes, relacionados con el terremoto, aunque tambien a este respecto la catástrofe del 16 de agosto no presenta nada de escepcional o desconocido en la historia sismológica⁽¹⁾.

Después de un viaje preliminar a Valparaíso i sus alrededores, para estudiar en el centro mismo de la zona mas afectada los desastres del terremoto i formarse una base para apreciar la naturaleza i efectos del fenómeno en otras rejiones, la Comision procedió a dividirse en varias sub-comisiones que se encargaron de recorrer las provincias vecinas, para visitar los puntos donde era probable encontrar algun material útil para el fin que se perseguía. Los señores Obrecht i Steffen salieron de La Calera al Norte, estudiando especialmente los valles de Nogales, Catalpico, La Ligua i Petorca, para dirigirse enseguida a San Felipe, desde donde emprendieron excursiones a los valles de Putaendo, de Catemu i a la rejion vecina de Los Andes. El señor Lorenzo Sundt hizo dos viajes a la rejion intermediaria entre Santiago i Valparaíso, pasando por Til Til, Limache, Casablanca, Curacaví i examinando ademas la zona del litoral desde Valparaíso hasta San Antonio. El señor Poenisch recorrió los pueblos principales situados en la línea de Santiago a Talca, deteniéndose particularmente en los alrededores de Rancagua, i haciendo una excursion a Rancagua. Finalmente, los señores Greve i Taulis visitaron la rejion del litoral de los departamentos de Curepto i Vichuquen, estudiando sobre todo las curiosas transformaciones del terreno ocurridas cerca de Curepto, Lincanten i en las vecindades de la laguna de Vichuquen.

1 Dada la inseguridad de las noticias referentes a variaciones de nivel en cierta parte del litoral, la Comision se dirijió al jefe del departamento de levantamientos del Estado Mayor Jeneral, con el objeto de conseguir si fuera posible, que se hiciera de nuevo una nivelacion entre Cartagena i Melipilla que dejaria en claro si en esa región se han producido cambios de nivel a consecuencia del terremoto. Desgraciadamente, segun el informe del mencionado jefe, los trabajos de nivelacion no podrian llevarse a cabo sino en el próximo mes de Mayo, con lo cual ese punto importante ha quedado, por ahora, sin resolucion definitiva.

I. LA ZONA MACROSÍSMICA

La extension de los movimientos macrosísmicos producidos por el terremoto del 16 de agosto, es decir, de las vibraciones del suelo percibidas directamente por los sentidos humanos, puede fijarse con alguna aproximacion a la verdad en la vista de los datos que vamos a esponer enseguida.

Por el Sur, las comunicaciones recibidas de Punta Arenas i de otros puntos de las costas del Estrecho, certifican unánimemente que en el Territorio de Magallanes no se ha sentido el mas leve movimiento terrestre. En cambio, las noticias recojidas en la isla de Chiloe son contradictorias. Miéntas que el rector del liceo de Ancud informa que “en la provincia de Chiloe no se presentó fenómeno alguno sísmico que pudiera apreciarse”, el rector del Seminario de Ancud dirigido por los P. P. Jesuitas, refiere que a la hora correspondiente del 16 de Agosto varias personas de la poblacion notaron un temblor que él califica del 4.º grado de intensidad. El jерente de la Compañia Ganadera de Yelcho-Palena asegura (2) que el movimiento se ha sentido en Quemchi (departamento de Ancud, lat. 42º 10'), pero no en la boca del Rio Yelcho, situada en la costa de Tierra-Firme, en los 42º55' de latitud aproximadamente. Una comunicacion del vice-cónsul británico de Huillínco confirma que en ese distrito de la isla no se ha percibido ningun movimiento terrestre. Menor que por el lado de las islas parece que fue la estension austral de la esfera macrosismica en la zona andina i en la rejion de ultra-cordillera. Por lo ménos segun los datos coleccionados por el doctor don Cárlos Martin en Puerto Montt, la seccion de la cordillera frente a ese pueblo i las orillas del lago de Nahuelhuapi no han sido afectadas absolutamente por alguna perturbacion sismica perceptible. Desgraciadamente, los ajentes consulares de Chile en la parte Sur de la República Arjentina han dejado de enviar contestaciones a las circulares, así que es imposible determinar por aquel lado con alguna exactitud el área de los fenómenos macrosísmicos.

En la direccion al Este parece indudable que el movimiento se ha dejado sentir a traves de toda la parte central de la República Arjentina hasta las orillas del Atlántico. Según telegramas recibidos de Buenos Aires i noticias publicadas en la prensa, se sintió en aquella capital “un movimiento fugaz i poco intenso, limitándose a una oscilacion casi imperceptible para la gran mayoria de los habitantes”. Igualmente se refiere que en La Plata, Rosario, Santa Fé, Goya i Corrientes (3) se notaron pequeñas conmociones en la tierra.

Hacia el Noreste la determinacion del limite es mui dificil por falta de datos. Solamente se puede presumir, en vista de las noticias de la prensa que hablan de un sacudimiento fuerte i prolongado, percibido en Santiago del Estero i Tucuman, que la zona macrosísmica se estiende todavia considerablemente mas allá de estos puntos, abarcando probablemente toda la rejion del Norte i Noroeste de la Republica Arjentina.

En el litoral del Pacifico las noticias sobre movimientos apreciables alcanzan hasta Tacna, donde, segun testimonio unánime de varios observadores, se notó un temblor con una intensidad de 2.º grado, perceptible solamente para las personas que, en ese momento, estaban en reposo i silencio profundo. En cambio hai una comunicacion de Arica, segun la cual en este puerto no se sintió ningun fenomeno sísmico correspondiente al terremoto del 16 de Agosto.

La mayor inseguridad reina naturalmente respecto de la estension del movimiento por el lado del Oceano Pacifico. Consultando los datos que ha sido posible obtener de las Islas de Juan Fernandez, estacion única i obligada que se ofrece por esta parte, estamos sorprendidos por el hecho de que el movimiento sísmico ha pasado casi completamente desapercibido en el archipiélago, apesar de mediar solo una distancia de 360 millas entre él i la rejion mas afectada de la costa continental. El subdelegado marítimo de Juan Fernández que, en la fecha del terremoto, se encontraba en la Isla de Mas Afuera, dice en su contestacion a la circular de la Comision que “en ninguna de las islas se ha sentido el temblor», habiendo en la noche del 16 de Agosto un temporal mui fuerte del Suroeste; i el comandante de policia de las islas confirma lo mismo en carta dirigida

2 Segun comunicacion por carta del Dr. Martin de Puerto Montt

3 Segun comunicacion del señor Vicente A. Barrios, cónsul chileno en Corrientes, el fenómeno produjo en esta ciudad una “oscilacion bastante cadenciosa de lámparas colgantes”.

al señor Julio Fonck: ⁽⁴⁾ «Respecto del temblor aquí (en la isla de Mas a Tierra) nada se ha sentido. La mar ha quedado lo mismo que ántes con sus mismas bajas i crecientes. En la fecha del temblor, en la noche, hubo aquí fuerte lluvia, truenos i relámpagos. Sin embargo, en el informe del comandante del crucero *Chacabuco* que se habia trasladado, por orden del Supremo Gobierno, a Juan Fernandez en los primeros días de Setiembre, encontramos la noticia de que el subdelegado civil de la isla espresesó que a las 8.30 P. M. del día 16, él habia percibido «un pequeño remezon de tierra acompañado de un fenómeno eléctrico de truenos i relámpagos» ⁽⁵⁾.

De los datos precedentes se desprende que el área en que las vibraciones sísmicas del 16 de Agosto fueron perceptibles sin la ayuda de instrumentos, comprende una porcion considerable del continente sud-americano i una pequeña parte del vecino Océano Pacífico, pudiéndose dar como límites aproximados los paralelos de latitud 18° i 43° por el Norte i Sur, i los meridianos de Juan Fernández (80° O. Gr.) i de Buenos Aires (58° O. Gr.) por el Oeste i Este respectivamente. Segun esto, la estension lonjitudinal en el sentido de Norte a Sur no es inferior de 2,800 kilómetros, mientras que la distancia de los extremos en el sentido de Este a Oeste, medida en la latitud correspondiente a Valparaiso, alcanza a poco mas de 2,000 kilómetros.

II. NUMERO, INTERVALOS I DURACION DE LOS SACUDIMIENTOS

En el terremoto del 16 de Agosto, como en la mayor parte de las perturbaciones sísmicas que alcanzan las proporciones de verdaderos «terremotos», el carácter de los sacudimientos terrestres ha sido bastante complicado, presentándose en la fase principal del fenómeno choques repetidos i movimientos diversos, cuya naturaleza podría analizarse solo por un estudio detenido, fundado en apuntes de aparatos sismográficos. Desgraciadamente, no disponemos sino de un solo diagrama trazado por un sismógrafo en toda la zona macrosísmica, i éste proviene de una estacion que dista ya considerablemente de la rejion que aparentemente debe considerarse como la epicentral del terremoto. El diagrama que reproducimos, segun una copia enviada al Observatorio Nacional, es del sismógrafo Milne del Observatorio Magnético de Pilar, en la provincia arjentina de Córdoba.

Deja ver una série no interrumpida de vibraciones de amplitud variable que comienzan a las 20 h. 16.8 m. (tiempo medio de Pilar) i terminan a las 22 h. 51 m., siendo por lo tanto la duracion total del movimiento 2 h. 34.2 m. Dentro de este lapso de tiempo se nota, despues de una oscila-

4 Comunicacion por carta del señor Julio Fonck a la Comision.

5 La Comision no tiene a su disposicion ningun otro dato que pueda dar luz sobre la propagacion del movimiento sísmico a traves de las masas oceánicas del Pacifico. Tomamos nota, sin embargo, de una noticia contenida en el *Geographical Journal* de Londres (número correspondiente a Octubre de 1906, páj. 386), en que se pone en relacion el terremoto del 16 de Agosto con mareas sísmicas observadas en las costas de las islas Sandwich. Segun la comunicacion mencionada, el mareógrafo de Honolulu marcó una oscilacion de solo 3 a 4 pulgadas, pero en Mani e Hilo las mareas llegaron a 5 piés de altura, i en la bahía de Maalea alcanzaron hasta 12 piés. Respecto de la hora, en que se verificó este fenómeno, no se la precisa, sino se dice solamente que «la hora en que se notaron esas mareas demuestra que fueron producidas por el terremoto» (de Valparaiso), i se agregan en seguida algunas consideraciones sobre la probabilidad del orijen submarino de este último. Nosotros, tomando en cuenta los escasos movimientos de flujo i reflujo del mar, observados en las costas de Chile en relacion con el terremoto, i la casi absoluta falta de perturbacion notada en el archipiélago de Juan Fernández, nos inclinamos a poner en duda el conexo entre la conmocion sísmica sud-americana i las mareas de las islas de Sandwich, por lo menos, hasta que tengamos datos mas precisos que permitan examinar el punto debidamente.

Con todo, no queremos dejar de mencionar cierta analogía que presenta, respecto de su estension oceánica, el terremoto de que estamos tratando con el del 9 de Mayo de 1877 que tuvo su epicentro en el litoral de Iquique, siendo acompañado de grandes agitaciones del mar en una estensa zona de la costa desde Magallanes hasta Méjico. Apesar de esto, i apesar de que el movimiento se manifestó tambien por desbordes del mar en las islas Sandwich, en las Marquesas i en la Nueva Zelanda, la isla de Juan Fernández quedó exenta do todo movimiento sísmico en el mar, como pudo comprobarlo en el puerto de San Juan Bautista la corbeta chilena *Chacabuco* que, en la fecha de aquel terremoto, se encontraba en viaje de Valparaiso a Juan Fernandez i que solo a su regreso a Valparaiso tuvo conocimiento del fenómeno. (Véase sobre esto un artículo de don Francisco Vidal G. en el *Anuario Hidrográfico* tomo IV, páj. 478).

cion preliminar de 9.7 m., ⁽⁶⁾ un aumento súbito i mui fuerte de la amplitud, hasta un máximo superior al ancho de la faja (40 mm.), acompañado, en el momento del principio (a las 20 h. 26.5 m), de una repentina traslacion mecánica de la posicion del péndulo por 5 mm. Continúa esta fase que corresponde a las sacudidas principales, durante unos 12 m., disminuyendo en seguida, pero con fuertes recrudescencias, hasta las 21 h. 34.3 m. Desde entónces las oscilaciones disminuyen gradualmente hasta el fin de la série. En su continuacion, el diagrama muestra un gran número de remezones fuertes, aislados, durante los dias 17, 18 i 19 de Agosto.

Si bien el diagrama permite conocer la continuidad, larga duracion i amplitud de las vibraciones en una zona ya bastante alejada de la esfera pleistósística, no nos dice nada sobre el número i carácter de las sacudidas diferentes i sus manifestaciones en la superficie de la tierra.

Para conocer estos elementos en las diversas rejiones afectadas, no tenemos otro medio que el de revisar i comparar las descripciones de observadores fidedignos i tratar de derivar del conjunto de ellas algunas conclusiones jenerales.

Principiando en el extremo Sur de la rejion macrosísmica, desde la isla de Chiloé, hasta llegar al paralelo de latitud 39° mas o menos, el movimiento se manifestó como uno solo, prolongado, con recrudescencias en intervalos inapreciables. «Estoi cierto, dice el rector del liceo de Valdivia en su informe, de que hubo un solo temblor», caracterizándose el movimiento como «perfectamente uniforme, aunque en ciertos momentos era mas rápido».

Mas hácia el Norte, los datos remitidos desde la provincia de Cautin pasta el rio Maule, dan a conocer, con alguna precision, que se sintieron dos o tres choques, separados por intervalos de calma relativa, dentro del movimiento total. El señor Vásquez S., médico de ciudad de Cañete, refiere, por ejemplo, que notó tres o cuatro choques de diversa intensidad i producidos a intervalos desiguales», agregando, sin embargo, que «el movimiento, en toda su duracion, fue de igual naturaleza». I la única comunicacion, recibida de Traiguén (por la alcaldía de la cárcel) dice que el fenómeno «se sintió primero como un balanceo que duró 3 a 4^s i despues creciendo hasta dos fuertes sacudimientos». Tambien los informes recibidos por los jefes de telégrafos de Quino, Los Sauces, Los Alamos i Carampangue hacen distincion entre dos remezones, aunque sin precisar bien su naturaleza i duracion.

Para ganar una idea sobre el tiempo que duró la perceptibilidad del temblor en la rejion del Sur, podria servir el informe del director de la Escuela Normal del Sur en Valdivia que dice haberlo observado «reloj en mano». Segun esto, el primer movimiento duró casi un minuto, el segundo 30 segundos, siendo los dos casi no interrumpidos, el segundo mas fuerte que el primero. Otros informantes de Valdivia indican, sin embargo 2 a 3^m i uno aun 3 a 4^m como duracion total del fenómeno, mientras que los observadores residentes en la provincia de Llanquihue jeneralmente no le atribuyen sino 30^s a 1^m de duracion. Se comprende que la duracion de un sacudimiento sísmico es un elemento casi imposible de determinar con exactitud sin la ayuda de aparatos rejistradores, habiendo demostrado la esperiencia de que aun observadores atentos se inclinan a atribuirle mayor duracion de la que realmente le corresponde.

6 Llamamos la atencion de los sismólogos al tiempo escepcionalmente largo, ocupado por la perturbacion preliminar anotada en este diagrama. Se acepta jeneralmente como regla de que la duracion de la perturbacion preliminar está en cierta relacion a la distancia epicentral del lugar de observacion respectivo; i, segun las investigaciones del profesor Omori en el Japon, se ha establecido la formula siguiente, válida para todas las distancias epicentrales de menos de 1,000 kilometros:

$$\begin{array}{rcc} \text{km} & \text{sec} & \text{km} \\ \infty & = 7,27.y & + 38, \end{array}$$

siendo ∞ la distancia (en kilómetros) entre el epicentro i el lugar de la observacion, i y la duracion, expresada en segundos, de la perturbacion preliminar. (Véase Sieberg, «Handbuch der Erdbebenkunde», 1904, páj. 272).

Pero si quisieramos aplicar esta formula a los datos que resultan del diagrama del observatorio de Pilar — ya que se trata de un lugar situado dentro de la zona macrosísmica i para el cual el temblor se podria calificar todavía como «temblor a corta distancia» (Nahbeben) — obtendriamos para Pilar una distancia epicentral absolutamente incompatible con todo lo que resulta del estudio de los demas elementos del mismo temblor, especialmente de la direccion e intensidad de los movimientos.

Para completar la estadística i demostrar a la vez la discrepancia de apreciaciones sobre el particular, juntamos en seguida las indicaciones sobre la duracion total del fenómeno, provenientes de algunas estaciones de las provincias de Cautin hasta Concepcion:

Temuco: 1 a 2^m (otro observador habla de «7 a 8 choques en intervalos de 3 a 5^s, siendo el primero el mas largo, de 10 a 15^s»).

Pitrufquen: 3^m.

Nueva Imperial: 2 a 3^m.

Carahue: 2 ½ a 3^m (el movimiento mas violento de 1^m).

Tirúa: 2^m.

La Mocha: 30^s.

Lebu: un remezon de 40^s, seguido de oscilaciones de a 3 a 4^m.

Contulmo: 5^m (otro observador indica 9^m).

Puren: 1^m 25^s.

Los Sauces: 4^m.

Cañete: 1^m 20^s.

Curanilahue: 2^m 15^s.

Arauco: mas de 6^m.

Ranquil: 3^m.

Los Angeles: 2^m.

Nacimiento: 1^m 30^s.

Angol: 2^m.

Antuco: 1^m.

Lonquimai: 50^s.

Lautaro: 1^m 40^s.

Quilleco: 1^m.

Concepcion: 2^m (el primer sacudon 30^s, el segundo 1 ½^m).

Penco: 4^m.

Tomé: mas de 1 ½^m segun uno; otros indican 3^m i 4^m 40^s.

Coronel: 1 ½^m; 1^m 55^s segun otro.

Lota: 1 ½^m.

Hualqui: 2^m.

Rere: 1^m.

Santa Juana: 7 a 8^m.

San Rosendo: 5^m.

Quillon: mas de 2^m; segun otro 3 ½^m.

Colemu: 4^m.

Chillan: 2^m 15^s.

Pasado el rio Maule i entrando en la rejion central i afectada principalmente, se presenta con mayor claridad la distincion de los choques capitales i sus intervalos de tiempo, cuya apreciacion carece, sin embargo, de uniformidad i precision.

Fieles a nuestro propósito estadístico, registramos en seguida algunas de las comunicaciones que nos parecen ser dignas de ser tomadas en cuenta para el estudio de la naturaleza del fenómeno.

El profesor don Alberto Hörll, de Talca, dice, en contestacion de la pregunta número 6 del cuestionario: «Hubo *tres* choques principales, distintamente perceptibles, de los cuales el primero se sintió como 45^s despues de haber empezado el temblor; el siguiente despues de otros 35s i el último (el choque principal) despues de trascurridos 20 a 25^s mas.»

El señor Edwin Leigh Bunster, del puerto de Llico, anota dos cheques con un intervalo de mas o menos 1^m, «pero sin que cesase del todo el movimiento; el primero duró no menos de 1 ½^m, el segundo 2^m.

Don Francisco Fuentes, profesor del liceo de San Fernando, notó *dos* choques principales i varios menores que se sucedian entre unos 3 a 15^s. Entre los choques mayores mediaron unos 2 ½^m. Sobre la duracion de las oscilaciones no era posible siquiera un cálculo aproximado, porque en los distintos tiempos del fenómeno total hubo diferentes séries de ondulaciones con distinta duracion cada una de ellas».

Don Salustio Calderon, rector del Liceo de Rengo, sintió dos choques, el primero que calcula en 5^m i el segundo de solo 30^s de duracion. Hubo un espacio intermedio de calma que calcula en 6^m.

La apreciacion distinta del fenómeno se ve de los dos informes siguientes que provienen ambos de Rancagua:

Don Jose I. Vergara:

Tres choques con intervalos de mui pocos segundos entre uno i otro, especialmente entre el segundo i tercero. Respecto de la duracion total de los movimientos cree que fue de 4 ½ minutos por lo menos.

Don Julio Escudero:

«Por lo ménos hubo 10 choques entre el primero i el que causó el terremoto», aumentando la intensidad desde el segundo. Duracion: «El primero de 2^s, los siguientes de 1^s, el fuerte de 4^s, los siguientes unos 5 minutos, siendo cada balance tal vez de 4^s.»

Los observadores en San Bernardo están de acuerdo en que ha habido dos choques principales, sin que haya dejado de temblar en el intervalo entre uno i otro. Al primero le atribuyen 2 ½ a 3^m, al segundo 3 a 4^m i al intervalo 1 ½ a 2 de duracion.

Don Marcial 2.^o Henriquez, de Talagante, ha contado tres choques violentos, con intermedios de 6 a 7^s. La duracion del primero seria de 40^s, la del segundo cerca de 1^m i la del tercero mas de 1^m, «no habiendo dejado de temblar la tierra entre uno i otro movimiento».

En Santiago, segun los apuntes del señor Krahness, del Observatorio Nacional, la primera serie de oscilaciones que principió con fuerza relativamente moderada, para alcanzar luego dimensiones enormes, duró 4^m 50^s, notándose que el movimiento mermaba, pero sin acabar, en los últimos 2 ½^m de este lapso de tiempo. La segunda serie de fortísimas oscilaciones, casi iguales a las de la primera, aunque solo de 20^s de duracion, principió despues de un intervalo de calma de 4^m.

Las informaciones que llegan de Valparaiso están tambien de acuerdo en que ha habido *dos* grandes sacudimientos con pocos minutos de intervalo, siendo la duracion total de la perceptibilidad del movimiento mas de 4^m. El jefe del faro de Punta Curaumilla, sin embargo, refiere que «los movimientos eran bruscos, violentos i sin intervalo de tiempo», atribuyendo al total del fenómeno mas de 4^m de duracion.

En un informe del señor Isaac Montt, de Casablanca, se habla de *tres* remezones principales i se aprecia la duracion de 5^m.

Las comunicaciones que llegan de Quillota se contradicen mucho en cuanto a las apreciaciones de la duracion, pero coinciden en que se sintieron dos choques principales, siendo el primer remezón mas largo, pero ménos recio que el segundo.

Con esto están tambien de acuerdo las informaciones recojidas por los miembros de la Comision entre los vecinos de Nogales, Catapilco, La Ligua i Petorca, i los datos enviados por varias personas de Los Andes confirman que se sintió primero un choque de 3 a 4^m (segun otros de 5^m) de duracion i, despues de un intervalo de 1 ½ a 2^m, otro mas corto pero mas fuerte, cuya duracion se estima en 1^m.

De las noticias relativamente abundantes que han sido enviadas a la Comision por personas que observaron el terremoto en Illapel, se desprende que ahí se percibieron movimientos mas o menos semejantes a los observados en la capital. El señor Pinochet, rector del liceo, dice que «se sintieron dos grandes sacudimientos: el primero duró no ménos de 2^m i el segundo, como 3^m despues, fué de no menos de 40^s. Sin embargo, parece que la tierra no permaneció tranquila durante el tiempo que medió entre ambos remezones». El señor Guillermo Qeisse se pronuncia de un modo semejante, agregando que unos 8^m despues del segundo choque se sintió *un tercero* algo ménos fuerte, como de 30^s de duracion.

El señor gobernador de Combarbalá dice que hubo *dos* choques con 5^m de intervalo, el primero de 3^m, i el segundo, mas fuerte, de 1 ½^m de duracion.

En Ovalle se sintieron, segun el señor Moriametz, «*dos* sacudidas mayores, precedidas i seguidas de otras de menor intensidad». El tiempo de calma entre las dos mayores era aproximadamente, 1^m; el fenómeno duró en total 3^m.

Don Bernardo Osandon, quien presenció el terremoto en La Serena, describe los movimientos como sigue: «Segun mis impresiones personales, los sacudimientos del suelo se sintieron al principio con poca intensidad, pero luego se hicieron mas recios hasta alcanzar formidables proporciones mas o menos a los 80°, en que la intensidad llegó a su máximo para decrecer en seguida lentamente. A los 150° el suelo parecia tranquilo, i no obstante, los objetos elevados seguian moviéndose con oscilaciones de poca amplitud, i a la vez se sentian pequeñas trepidaciones del suelo con intervalos de algunos segundos. Mas o menos a los 200°, los sacudimientos empezaron de nuevo con fuerza extraordinaria, siendo las oscilaciones mas rápidas i de mayor amplitud que al principio. Felizmente, los movimientos disminuyeron de intensidad unos 15° despues i terminaron por completo en pocos momentos mas. Como se ve, en el terremoto del 16 de Agosto se han sentido dos grandes temblores... habiendo sido el segundo de mayor fuerza, pero de menor duracion que el primero. Debe tenerse presente, sin embargo, que las dos grandes conmociones del suelo aparecen estrechamente ligadas por oscilaciones apenas perceptibles, alternadas con trepidaciones bien marcadas. La duracion total del fenómeno sísmico no baja de 230°.»

Don Alberto Holmgren, director de la escuela de pilotines, encontrándose a bordo del *Abtao*, fondeado en la bahía de Coquimbo, notó tambien *dos* sacudimientos fuertes, con mas o menos 5^m de diferencia, «pero el primer choque seguramente tuvo dos distintos movimientos». El primer sacudon duró 2^m 30°, «contados reloj en mano», siendo la segunda parte del choque mas larga que la primera. El segundo choque duró 55°. Los datos enviados de algunos puntos de los alrededores de Coquimbo, de Tongoi i Totoralillo coinciden satisfactoriamente con las indicaciones anteriores.

Aun en Huasco el temblor se hizo notar, segun las comunicaciones del subdelegado marítimo i del jefe del telégrafo, en forma de dos remezones, de los cuales el segundo fué mas corto, pero mas fuerte, habiendo un intervalo de algunos segundos, segun uno, i de 3^m segun otro informante. El primer remezon duró cerca de 1m, el segundo solo 15 a 20°.

En cambio, el señor Juan King, superintendente del ferrocarril de Carrizal i Cerro Blanco, quien observó el fenómeno en Carrizal Bajo, dice espresamente: «No hemos notado aquí dos choques o temblores distintos con intervalo entre los dos. Solo hubo un temblor que duró mas o menos 2^m».

Con eso entramos en la zona periférica del Norte que principia mas o menos al Norte del paralelo de latitud 280, donde vuelve a borrarse la distincion clara de un intervalo apreciable entre las dos sacudidas principales, si bien no faltan aquí tampoco observadores que refieren haber sentido el fenómeno en forma de dos movimientos separados i consecutivos.

De las cuatro personas que han enviado datos sobre sus observaciones practicadas en Caldera, tres atestiguan «un solo sacudimiento largo i pausado», de 40 a 60° segun unos, de 3 ½^m de duracion segun otro. El observador de la estacion meteorológica del mismo punto, sin embargo, asegura que despues de algunos segundos de intervalo, «se repitió el temblor en igual forma de movimiento i direcion al anterior pero mas corto».

Copiamos en seguida la descripcion bastante precisa que hacen los profesores señores Langenstein i Pilk, del Liceo Aleman de Copiapó, sobre el particular. «Se notó aquí, dicen, un movimiento sísmico *sin interrupcion marcada* desde las 8^h 25^m. Primero se sintió un ruido regular... luego comenzó a sentirse el temblor el cual, a medida que se prolongaba, aumentaba en fuerza, para disminuir despues paulatinamente. Todo este movimiento duró como unos 7m. Al cabo de este tiempo, se notaba que se hacían otra vez mas recias las oscilaciones que, despues de haber llegado a un máximo, iban disminuyendo, lo mismo que la primera vez. Las últimas oscilaciones sensibles en el suelo se notaban hasta las 8^h 20^m, pero hasta las 8^h 30^m se podia notar que una imájen colgada de una pared oscilaba todavia, aunque mui poco». Se confirma esta informacion por los datos comunicados por don Rómulo J. Peña, director de la Escuela Normal de Preceptores

de Copiapó, que dice que sintió un choque principal i 3 o 4 ^m mas tarde otro, casi tan fuerte como el primero; agrega, sin embargo, que «la tierra trepidó sin interrupcion».

En San Antonio de Copiapó se notaron tambien, segun informe de la oficina meteorológica, dos sacudones con pocos segundos de intervalos, quedando la tierra en oscilacion.

En Chañaral el fenómeno se manifestó, segun comunicacion de la tenencia de aduana, en una prolongada oscilacion con duracion de 3^m, «sin haberse producido estremecimiento alguno».

En Taltal, el rector del liceo califica el movimiento de «una suave oscilacion, de duracion apenas apreciable»; otro informante, don Isidoro Palacios, asegura, sin embargo, que la primera oscilacion (a las 7^h 57^m) que era mui suave, pero mui amplia, era seguida por otra, a las 8^h 5^m, «recuperando el movimiento toda su intensidad i aun superando al primer balanceo».

Procediendo mas hacia el Norte notamos que disminuye rápidamente la perceptibilidad del fenómeno en jeneral i, junto con esto, tambien la distincion de sus fases. Los informes de personas que lo observaron en Iquique, describen el movimiento como un «remezon débil i continuado que fue disminuyendo hasta concluir con un sacudon fuerte».

Agregamos, por ultimo, que, segun una comunicacion telegráfica de la Oficina Meteorológica de Buenos Aires, se percibieron tambien dos sacudimientos en Mendoza i San Carlos (a las 8^h 33^m el primero i otro igual de las 8^h 38^m a 8^h 39^m tiempo de Córdoba). El mismo telegrama refiere que en Uspallata se sintieron dos choques «de mucha duracion», como también en La Paz i Santa Rosa (Córdoba). En San Juan la conmocion del suelo duró 11^s, en San Luis 20^s, i en Santa Rosa 30^s.

Haciendo el resumen de la reseña anterior, resulta que la forma jeneral en que el terremoto se ha manifestado en la parte central de la rejion macrosísmica, o sea en una zona que puede limitarse aproximadamente por los paralelos de Latitud 39°, al Sur, i 28°, al Norte, i por el meridiano 67° O. Gr., al Este, ha sido de dos séries de oscilaciones, separadas por un intervalo de calma relativa, bien distinguible, pero apreciado de mui diversa manera respecto de su duracion, ya que el movimiento sísmico no cesó de hacerse perceptible durante el tiempo intermediario. El primer sacudimiento fuerte que corresponde a la primera serie, fue escepcionalmente largo, de 4 a 5^m de duracion, mientras que el segundo, de igual o talvez mayor fuerza que el primero, duró solamente 1^m o poco menos.

En las rejiones periféricas del Sur i del Norte se borra la distincion de las dos series a medida que nos alejamos de la zona central, imprimiéndose el movimiento sísmico a los sentidos como uno solo que llamó la atencion por su continuidad i duracion extraordinaria.

III. NATURALEZA I DIRECCION DE LOS MOVIMIENTOS

Pasando a estudiar ahora la naturaleza i direccion de los movimientos que se percibieron en las distintas fases del terremoto, debemos hacer una advertencia previa respecto del criterio que hemos aplicado a las indicaciones bastante numerosas, contenidas a este respecto en las comunicaciones enviadas a la Comision.

Es un hecho bien comprobado que, fuera de las indicaciones de la hora, ningun elemento sísmico, cuyo estudio basa solamente en apreciaciones de los sentidos i no en apuntes de aparatos registradores, se presta a mayores equivocaciones que la direccion de los movimientos. Aun mas, las experiencias hechas en otros terremotos, cuyos elementos han sido observados con todo cuidado i con auxilio de instrumentos sismográficos, han demostrado quo las direcciones de los choques en las diferentes localidades de la superficie terrestre varían extraordinariamente i no pueden servir, por ejemplo, para la determinacion del sitio del epicentro. Parece que la causa de este fenómeno está en la distinta composicion del terreno que produce diferencias considerables en la velocidad de las ondas sísmicas que lo atraviesan. Puede suceder, por ejemplo, que una onda que pasa por una estrata rocosa i mui compacta, se adelanta a las demas, produciendo en el punto donde llega a la superficie, un nuevo centro de trepidacion, desde donde se estienden ondas secundarias que alcanzan a llegar a ciertos puntos de la superficie antes de las ondas primarias atrasadas, siendo percibidas eventualmente como viniendo de una direccion mui distinta de aquella en que se halla el foco del movimiento. La deterninacion de la direccion de los choques

sísmicos es, en efecto, tan problemática, que en un manual moderno de sismología (7) se aconseja abandonar enteramente la practica seguida hasta ahora en casi todos los trabajos cartográficos i estadísticos sobre algun terremoto, de indicar por medio de flechas las direcciones del movimiento correspondientes a las distintas estaciones de observacion.

Nosotros no hemos creído justificado ir hasta tal extremo, aunque una rápida reseña jeneral de nuestro material de observaciones produce tambien la impresion de una absoluta falta de regularidad en la direccion de los movimientos del suelo, sobre todo en la rejion pleistósística, haciendo fracasar, al parecer, todo ensayo de fijar sobre esta base el epicentro del terremoto. A pesar de eso, seria prematuro desechiar a priori todos los datos relativos a este elemento, porque un estudio critico del conjunto de ellos puede servir talvez para arrojar alguna luz sobre la naturaleza jeneral i el orijen del terremoto.

Es cierto que han que aplicar un procedimiento crítico mui rigoroso al material de observaciones. Solo en dos, o tres puntos las direcciones del movimiento han sido precisadas directamente por medio de instrumentos apropiados.

Asi, por ejemplo, el señor Moriamez, ingeniero-jefe del ferrocarril de Ovalle a Trapiche i Paloma a San Márcos, ha enviado, para comprobar la direccion jeneral de las vibraciones sentidas en Ovalle, el dibujo dejado por la punta de un péndulo de un aparato avisador de su propia invencion, sobre un vidrio ennegrecido, i los profesores del Liceo Aleman de Copiapó se han servido en sus observaciones de un pequeño sismómetro que anota la direccion de los choques sísmicos segun el derrame de una porcion de mercurio en las ocho divisiones del aparato. Por lo demas, la mayor parte de las indicaciones que hemos aceptado como fidedignas, descansan en observaciones de ciertos movimientos de objetos colgados en los cielos o paredes de los edificios, como, lámparas, cuadros, etc., o de las direcciones de paredes en que se pararon relojes de péndulos. En cambio, hemos dejado a un lado casi todas las indicaciones vagas que no aducen ninguna observacion comprobatoria, ya que es mui sabido que ellas no tienen sino el valor de meras adivinaciones, siendo el movimiento real a menudo mui distinto del indicado segun la sensacion subjetiva.

Siguiendo en la reseña de los materiales el mismo órden que hemos observado en el capítulo anterior, nos encontramos primero con datos relativos a la parte estrema meridional de la rejion macrosísmica que concuerdan bastante bien entre si, describiendo el movimiento como un balanceo lento, regular i pronunciado, al parecer de amplitud considerable. Varios informantes mencionan especialmente que el movimiento era distinto del que se suele notar en los temblores ordinarios. El señor Reinaldo Harnecker, de Valdivia, refiere que el vaiven del suelo era tan fuerte que, para sostenerse, tuvo necesidad de ganarse al umbral de la puerta de calle i apoyarse en el forro de ella. Otros comparan la sensacion producida por el temblor con la que se experimenta en un barco que se mueve sobre olas, causando una especie de mareo.

Respecto a las direcciones observadas, hemos formado el cuadro siguiente, aplicando a los datos comunicados el criterio arriba espuesto:

Ancud: E. - O.

Puerto Montt: N.-S.

Osorno: N. - S.

La Union: NO.- SE.

Valdivia: E.-O., N.-S.

Temuco: E.-O., NE.-SO.

Al pasar mas al Norte i entrar en la zona donde se notaron, como quedó demostrado en el capítulo anterior, dos sacudimientos bien pronunciados dentro de la totalidad del fenómeno, las indicaciones sobre la naturaleza i direccion de los movimientos se complican considerablemente.

Ante todo aparecen testimonios inequívocos de un *movimiento vertical*, primero aislados en la rejion comprendida entre los 38° i 36° de latitud mas o menos, i aumentando despues en número i precision desde la línea del rio Maule hacia el Norte. Dada la importancia de este punto que for-

7 A. Sieberg. Handbuch der Erdbebenkunde (1904) páj. 264.

ma probablemente uno de los rasgos característicos para determinar la naturaleza del terremoto, registraremos en seguida las comunicaciones principales a este respecto.

En el informe del jefe del telégrafo de Angol se afirma que las oscilaciones, al principio suaves, arreciaron, «notándose que los movimientos eran *de arriba para abajo*», si bien no se aducen otras observaciones comprobatorias.

El vice-cónsul británico de Lota da la descripción siguiente: «A las 8 P. M. vino un sacudon recio pero corto *en sentido perpendicular*, i despues siguió un balanceo largo i suave... que hacia cimbrar los árboles en el jardín como columpios invertidos» .

En cambio, el rector del liceo de Tomé dice que «el primer remezon tuvo un movimiento ondulatorio perfectamente marcado i de regular intensidad. El segundo fue mucho mas intenso i con movimiento *trepidatorio*».

Con mayor claridad se espresa el rector del liceo de Constitucion: «El primer temblor comenzó por un balanceo que poco a poco fue aumentando, a tal punto que parecia que uno podia caer i sentia una especie de mareo. A la mitad del fenómeno se sintió un *fuerte sacudimiento vertical* o de trepidacion que se prolongó durante algunos segundos, i despues volvió el movimiento de balance que fué poco a poco estinguiéndose».

El rector del liceo de Talca afirma espresamente que «el movimiento no era ondulatorio ni un balanceo lento, se sentian mas bien sacudidas bruscas, *trepidaciones*». Agrega tambien una observacion que parece ser comprobatoria para un fuerte movimiento succusorio del suelo, a saber el hecho de que «todas las redecillas de las lámparas incandescentes del liceo saltaron de las barras verticales que las sostienen. En algunas lámparas saltaron los aparatos enteros de los quemadores incandescentes».

Concuerda con esto en parte el informe del rector del liceo de Curicó que dice: «Por la impresion del momento, el movimiento fue oscilatorio de Oriente a Poniente i con *golpes desde abajo*. Me hizo el efecto de las sacudidas de un carruaje de ruedas con imperfecciones en la curva i que corre por terreno accidentado; pero por observaciones posteriores parece que hubo ademas oscilaciones de Norte a Sur i movimiento circular».

Los informes remitidos por observadores residentes en Llico, Vichuquen i Putú hablan tambien de sacudimientos verticales, de abajo hacia arriba, que se notaron fuera de balanceos horizontales.

Segun la descripción dada por el señor Fuentes, profesor del liceo de San Fernando, el movimiento fue mui complejo: «al principio un balanceo lento; luego una serie de sacudidas ondulatorias como oleaje que se mantuvo mas de un minuto; parecia estar el suelo en efervescencia i esquivarse; se sentian en los piés unos *golpes a modo de pequeñas i numerosas explosiones*. Al final calmó poco a poco, repitiéndose algunas sacudidas menores». Agrega tambien que en medio de las ondulaciones horizontales de repente «se sentian como *torsiones ascensionales*»

Descripciones semejantes, aunque no tan completas, provienen de casi todas las estaciones de observacion en las provincias vecinas, tanto de la rejion de la costa como del valle central.

En Santiago, el movimiento brusco, succusorio, se ha hecho sentir tambien, junto con las fuertes oscilaciones horizontales. Para comprobarlo basta considerar la interrupcion de la curva, del barógrafo de la Oficina del Tiempo causada en medio del terremoto. La aguja del instrumento que traza la curva en una faja de papel que se mueve horizontalmente, fué lanzada por un violento choque vertical hácia arriba, quedando pegada en el borde superior de la faja, por lo cual todo el aparato de inscripcion se inutilizó.

Bastante gráfica es la descripción de los movimientos combinados de oscilacion horizontal i sacudimientos verticales hecha por el profesor del liceo de Valparaiso, don Ernesto Boettger. «Me pareció, dice, que estuviera sentado en un columpio, hecho de dos cadenas, amarradas en la viga de un galpon, quedando con poco movimiento, mientras que alguien da siempre sacudimientos fuertes en una cadena del columpio. De cuando en cuando creí que el columpio *se bajaba*, como si la viga se hubiera quebrado violentamente; otras veces tuve la impresion como si la viga se echara *verticalmente hácia arriba* como por un golpe brusco». Otros observadores caracterizan el movimiento como *de voluta* o como uno «que se percibia *en espiral* con levantamiento del suelo».

El señor Simon B. Rodríguez, de Quillota, distingue la siguiente sucesion en los movimientos: «El primero me pareció de forma lateral i de direccion Norte-Sur. Fue mas largo, pero menos

fuerte que el segundo que obró primero de *abajo hacia arriba*, i en seguida con suma violencia de Oriente a Poniente».

En Los Andes, segun el informe del rector del liceo, «el movimiento no principió con brusquedad; se inició con simples trepidaciones, cuya fuerza aumentaba por instantes hasta llegar a un movimiento fuerte de *abajo hacia arriba* que hacia saltar los objetos de las mesas i el agua de las vasijas, terminando con un movimiento ondulatorio. El segundo choque se caracterizó por un movimiento de balanceo regularmente rápido, semejante al que se siente sobre un pequeño, barco, i que hizo caer a mas de una persona».

De los informes enviados por el rector i profesores del liceo de Illapel tomamos los datos siguientes: «El primer movimiento pareció ser *vertical*, de *abajo hacia arriba* sobre todo al principio; pero en su curso cambió de direccion i pareció hacerse ondulatorio». En confirmacion del movimiento vertical se menciona el hecho de «haber quedado encima de un libro grueso, i de costado, el timbre metálico del liceo que pesa dos libras, siendo que ántes del terremoto estaba dicho timbre sobre la cubierta del escritorio, en su posicion natural, con ancha base, al lado del espresado libro».

En Ovalle so sintió, segun el señor Moriamez, al principio un movimiento fuerte, horizontal, de Norte a Sur; después aumentó, combinado con el movimiento *vertical*, hasta su máximo, reduciéndose a una oscilacion ondulatoria relativamente pequeña, para adquirir nuevamente tanta importancia como la del primer remezon.

En el puerto de Coquimbo, a bordo del *Abtao*, el señor Holmgren percibió los movimientos del terremoto «como una larga, *trepidacion*, mui parecida al movimiento que se siente a bordo de un buque cuando arrean un bote pesado de sus pescantes».

En el interior del departamento de Coquimbo, en la hacienda de Santa Ana, se distinguieron, segun la relacion del señor Guillermo L. Brown, dos movimientos: primero un *golpe* bastante fuerte de *abajo hacia arriba*, i despues un balanceo de Este a Oeste.

Mas allá del paralelo de latitud 29°, en la rejion donde desaparece la distincion de las re-crudescencias en el trascurso total del fenómeno, parece que cesa tambien la percepcion de los choques verticales. En las informaciones que provienen de las provincias de Atacama i Antofagasta se caracteriza el movimiento en jeneral como un balanceo lento, «sin haberse producido estremecimiento alguno» (Chañaral), o de «oscilaciones mui suaves pero mui ámplias». (Taltal), que en parte eran suficientes para producir sentimiento de mareo (Carrizal Bajo). En Copiapó, segun unos, «el movimiento durante todo el tiempo era ondulatorio», mientras que otro agrega que, aunque el movimiento principal fue de vaiven lento i mui amplio, se distinguieron tambien movimientos secundarios, i mas rápidos, de *trepidacion*.

La reseña que acaba de hacerse no deja duda de que en los movimientos sísmicos que nos ocupan, la componente vertical se ha dejado sentir con notable claridad i en un área mui considerable que comprende toda la rejion afectada principalmente, por el terremoto, en una estension Norte-Sur de algo mas de 8 grados de latitud, i, en el sentido de Oeste a Este, desde el mar hasta la cordillera, i talvez mas aun, porque de las estaciones arjentinas no hai datos sobre el particular. Parece tambien comprobado que el movimiento succusorio ocupó una parte considerable del tiempo en que se verificó la primera série de oscilaciones, produciendo, en combinacion con los movimientos horizontales de ella, el punto culminante de toda la agitacion terrestre. Creemos que el aparecer de esta conmocion vertical, de estension extraordinaria i de amplitud suficiente para lanzar a cierta altura objetos sueltos pesados, como en los casos observados en Illapel, Santiago, Talca, etc., forma un rasgo distintivo del terremoto del 16 do Agosto.⁽⁸⁾

8 La sismología científica moderna se muestra escéptica acerca de la posibilidad de que los choques sísmicos verticales puedan alcanzar una amplitud tan considerable para producir efectos parecidos a los que Humboldt refiere del terremoto de Riobamba (de 1797), en que, segun se decia, los cadáveres de varias personas habian sido lanzados desde uno al otro lado de un río i hacia una altura de mas de cien metros. Dutton («Earthquakes» etc. pág. 148) dice a este respecto: «Del hecho jeneral de que la componente vertical es invariablemente menor que la horizontal, mientras que el periodo vertical es tambien menor, pero no en proporcion tan considerable resulta que la aceleracion vertical es siempre menor que la horizontal. Parece que jamas se ha notado una

Aparte de las trepidaciones rápidas correspondientes a la conmovion vertical, los movimientos horizontales, de gran amplitud i período, encontrándose en diversas direcciones, han completado la obra del terremoto.

La deficiencia de nuestro material de informaciones no nos permite analizar los elementos de amplitud i periodo, siendo posible, a lo mas, determinar aproximadamente la direccion predominante de los movimientos. Los resultados de este trabajo los hemos juntado en el cuadro siguiente, cuyo valor debe juzgarse tomando en cuenta la escasez de datos realmente fidedignos, ya que hemos eliminado de él todas las indicaciones no acompañadas de observaciones comprobatorias:

Localidad	Direcciones predominantes	Observaciones comprobatorias
Nueva Imperial	O-E	Vaivén de lámparas de colgar. Reloj con esfera puesta al E. se paró.
Mulchen	N-S	Balanceos de lámparas de colgar.
Los Angeles	N-S	Id. id. Amplitud de oscilacion en la lámpara 80 cm. a 1 m.
Concepción	N-S	Cúpula de una torre de iglesia cayó en direccion N-S (Según otro hácia el SO).
Penco	N-S	Balanceo de lámparas colgadas.
Chillan	O-E N-S	Oscilacion de las pesas de un reloj de colgar; en el primer sacudimiento de E a O, despues, durante el segundo pausadamente de N. a S, «tomando finalmente un movimiento oscilatorio circular».
Cauquenes	O-E	La fachada del liceo que corre de N a S, saltó integra a la calle, conservando su direccion.
Constitución	NS	Agua de un baño se vació, en parte, a dos lados, de N a S.
Talca	N-S	Los daños causados en murallas del N i del S se estiman de un 75%, en las de otras direcciones solo en 25%.
Curicó	N-S O-E	Desprendimiento de cornisas, etc., en murallas orientadas N-S i principalmente en las orientadas E-O. Relojes se pararon en paredes de todas las direcciones. La cruz de fierro en la torre de la iglesia parroquial quedó inclinada al O.
Curepto	S-N O-E	Paredes de edificios cayeron al N i al O.
Llico	O-E	Casi todos los edificios sufrieron en los lados que dan al O.
Putú	O-E	Caída de estatuas, etc., e inclinacion de cuadros al O.
San Fernando	NO-SE O-E	Desplazamiento de muebles principalmente en direccion NO-SE i E-O. Oscilacion de lámparas casi circular, con máximum de amplitud SE-NO, (segun otro E-O)
Rengo	NO-SE O-E	Para sostenerse era necesario abrir las piernas i mirar con frente al O aproximadamente. Lámparas balancearon de E a O.

aceleracion horizontal equivalente a la de la gravitacion terrestre. Por consiguiente, mucho ménos se ha notado jamas una aceleracion suficiente para lanzar hácia arriba cualquier objeto suelto que descansa sobre el suelo. Si una aceleracion equivalente a la gravedad puede producirse en ciertas circunstancias, esto es una cuestion demasiado indefinida para ser discutida. Pero, por los menos, se puede afirmar que jamas en un terremoto ha sido comprobada una fuerza tan grande, ni aun es probable en un grado mui pequeño que jamas un terremoto haya desplegado siquiera la mitad de tan gran fuerza vertical —a no ser que demos entera fé i crédito a la relacion de Humboldt sobre el terremoto de Riobamba».

Si bien puede ser justificado desechar por exajeradas las noticias referentes al terremoto de Riobamba, parece, sin embargo, que las observaciones hechas con ocasion del terremoto del 16 de Agosto desautorizan la aseveracion de Dutton, de que jamas se produzca en la conmovion vertical una aceleracion suficiente para arrojar objetos sueltos hasta cierta altura sobre el fundamento en que descansaban.

Rancagua	N-S O-E	Arbole en que se afirmaba un observador, balanceaba de N a S. Las iglesias han sufrido en sus frentes que miran al N. Los cuadros que mas perdieron equilibrio eran los colocados en paredes de E a O.
San Bernardo	N-S O-E	Muebles pesados, con frente al N, se volcaron. Segun otro, las murallas orientas en direccion N-S han sufrido mas.
Santiago	N-S O-E	Caída de objetos sueltos, inclinacion de las cruces en las torres de la Catedral, etc., etc.
Colina	O-E	Oscilacion de lámparas de colgar.
Curacaví	O-E N-S	La calle orientada de O a E ha sufrido ménos. En una mesa de comedor colocada de N a S se corrieron el hule i todo el servicio en direccion al E hasta caer.
Casablanca Valparaíso Limache		Movimientos en todo sentido. Parece imposible determinar direcciones predominantes.
Quillota	O-E S-N	Caída i desplazamientos de muebles, murallas, etc.
Nogales	S-N O-E	Id. id. Para no caer hubo que colocarse en [^] , mirando al Poniente.
San Felipe	O-E S-N	Desplazamiento de muebles.
Putendo	S-N	Murallas orientadas de E a O sufrieron mas.
Los Andes	O-E	Murallas orientadas de N a S i esquinas O de las manzanas sufrieron mas.
Catapilco La Ligua Petorca	O-E O-E S-N	Segun el conjunto de observaciones i datos recojidos por los miembros de la Comision sobre direccion de las grietas de edificios, caída de murallas, etc.
Illapel	SE-NO	Caída de murallas, trozos de revoque de las casas, etc.
Combarbalá	E-O	Cuadros colgados en paredes de E a O se inclinaron al E i O.
Ovalle	S-N	Balanceo de lámparas. Una, suspendida a 2 m. del cielo, pesa 4 kg., tuvo una oscilacion de 0.7 m. Véase el dibujo dejado por la extremidad de un péndulo de 0.8. de largo sobre un vidrio ennegrecido (remitido por el señor Moriamez).
La Serena	O-E	Oscilacion del agua en una tasa circular, vaivenes de un mástil de veleta, lámparas i copas de árboles.
Brillador (Coquimbo)	O-E	Oscilacion de lámparas de colgar.
Huayco Copiapó	E-O SE-NO S-N	Id. id. Observacion en un sismómetro de mercurio del Liceo Aleman que descansa sobre un poste enterrado en suelo como un metro. A consecuencia del movimiento sísmico, el mercurio se había derramado en las 8 divisiones del modo siguiente: la mayor cantidad habia entrado en la division NO. un poco ménos tenia la division N. En las demas divisiones iba disminuyéndose la cantidad de mercurio a medida que se acercaba a la division SE. que estaba completamente vacía.
Caldera	SSE-NNO	Observacion del movimiento de péndulo en las lámparas de colgar.
Taltal	SO-NE	Id. id.

En el mapa que acompañamos hemos marcado, por medio de flechas, las direcciones que da a conocer el cuadro anterior, agregando ademas, en paréntesis, el número bastante considerable de las direcciones que no se fundan sino en indicaciones vagas de los observadores. Tambien distinguimos, por medio de un signo convencional, los puntos en que se notaron oscilaciones verticales del suelo. El mapa reúne, pues, todo el material estadístico que ha sido posible obtener respecto de la forma i direccion de los movimientos producidos por el terremoto.

Dada la poca seguridad de los datos representados en el mapa, sería talvez aventurado servirse de ellos para formular conclusiones definitivas sobre los puntos o líneas de partida de los movimientos. Nos contentamos, por eso, con resumir los hechos principales que se desprenden con claridad del estudio de ese mapa, considerándolos en relacion con las reglas jenerales de la sismología.

En la rejion al occidente de la Cordillera, la zona en que se percibieron los choques verticales queda comprendida dentro de la esfera en que se distinguieron dos sacudimientos bien separados por un intervalo de calma, siendo poco inferior a ella en estension de Norte a Sur i abarcando igualmente los distritos del litoral como los valles del interior del país.

Dentro de esta zona se destaca la parte media, o sea la comprendida entre las líneas de los rios Maule i Choapa, aproximadamente por la combinacion del movimiento vertical con oscilaciones horizontales de direcciones mui diversas, siendo difícil descubrir una regla fija i dominante en ellas. El extremo de esta complicacion se presenta en la parte del litoral en que se hallan Valparaiso, Limache i Casablanca., donde los movimientos horizontales se cruzaron en todo sentido, asi que parece imposible indicar alguna direccion como predominante.

Aceptando como válida la regla jeneral establecida por la sismología de que el aparecer del movimiento vertical es propio del epicentro de un temblor, resultaria que se tratara en el terremoto del 16 do Agosto de un fenómeno distinto de los temblores regulares, ocupando su epicentro una zona cuyo largo se estiende a traves de mas o menos ocho grados de latitud, con un ancho medio de unos 120 kilometros. Se comprende que, con eso, el concepto de un «epicentro» en el sentido estricto de la palabra se hace casi completamente ilusorio, pudiéndose hablar solamente de una rejion epicentral de forma mui alargada, a que corresponde probablemente una rejion focal igualmente estensa, dentro de la cual las ondas sísmicas tomaron su orijen en numerosísimos puntos o líneas mas o menos distantes entre si, ya sea simultáneamente o en sucesion rapidísima. (9)

Ver texto completo en: www.revistas.uchile.cl

9 El carácter linear, en el sentido de una gran estension Norte-Sur, de las principales perturbaciones sísmicas que han afectado la costa occidental de Sud-América ha sido reconocido ya por Darwin, Tschudi i otros viajeros. Rejistrando la historia sismológica de Chile se podrian encontrar varios ejemplos de terremotos que representan el carácter de «longitudinales», entendiéndose las vibraciones sensibles sobre una zona mui considerable a lo largo de la costa del Pacifico. Citamos únicamente el terremoto del 19 de Noviembre de 1822, que por varios motivos se asemeja bastante a in catástrofe del 16 de Agosto de 1906, siendo percibido en toda la costa desde Concepcion hasta el Callao, i el del 9 de Mayo de 1877 que se sintió desde Concepcion hasta Eten.

Se ha observado, sin embargo, con razon (Goll, «Die, Erdbeben Chiles», Mülchen 1904. páj. 89), que la configuracion particular de Chile puede eventualmente causar una apreciacion errónea del carácter de esos terremotos. Es un hecho innegable de que grandes masas de montañas obstruyen o debilitan considerablemente la propagacion de las ondas sísmicas, i, por consiguiente, no es de estrañar que la estension de las conmociones del suelo en Chile se nota mas en el sentido Norte-Sur que en la direccion de Oeste a Este en que se les oponen los poderosos macizos de dos cordilleras.

Haí que tomar en cuenta, ademas, que la estension de los movimientos sísmicos en el sentido perpendicular a la línea de la costa aparece forzosamente acortada, por estar situada una gran parte del eje trasversal de la estension en el océano des poblado.

A pesar de eso, nos inclinamos a creer que, en el caso del fenómeno de que estamos ocupándonos, se trata efectivamente de un terremoto linear o «longitudinal», a causa de la gran série de noticias comprobadas sobre la conmocion vertical percibida casi simultáneamente a lo largo de una faja longitudinal tan estensa del territorio. Tales perturbaciones son orijinadas con toda probabilidad por dislocaciones tectónicas, ya sea hundimientos o solevantamientos bruscos i repentinos de grandes trozos de la corteza terrestre..