# 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 que la Comision de Estudios del Terremoto, nombrada por el Supremo Gobierno, ha recibido en contestacion de sus circu

lares i cuestionarios repartidos en toda la República, i de los apuntes tomados por varios de sus miembros al recorrer las rejiones afectadas principalmente por el terremoto. Ademas, se han utililizado los informes comunicados por los jefes de las oficinas meteorolójicas 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 Valparaiso. 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 fenómenos mas importantes de los temblores (traduccion lijeramente modificada, de una cartilla elaborada por la Oficina Central de la Asociacion Sismolójica 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 del 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 o 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; caidas de chimeneas, columnas, estátuas, 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 meteorolójicos especiales al mismo tiempo o poco ántes o despues 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 despues del choque principal? ¿A qué horas se sintieron i de qué naturaleza eran?

16. Agregar para los observadores en la rejion de la costa: ¿Qué movimientos se han notado en el mar? ¿Se han comprobado cambios en la línea de costa?

17. Nombre i direccion del observador.

Este cuestionario tiene talvez el defecto de ser demasiado detallado, imponiendo, por consiguiente, algunas molestias tanto a las personas que se encarguen de contestarlo, como a los que emprendan 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 sísmicos que es de importancia conocer, en lugar de repartir formularios de preguntas mas o ménos 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 estranjeros en Chile, cónsules i ajentes consulares chilenos en la República Arjentina, 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 recojer informaciones, cuyo conjunto formaria un material homojéneo, 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 estremo 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, jeneralmente cortos i poco precisos, remitidos a la Oficina del Tiempo, i 17 comunicaciones referentes a observaciones en las costas de la rejion central, puestas a disposicion de la Comision por la Direccion del 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 esplica por la naturaleza misma de semejantes observaciones, la mayor parte de las cuales exije in-

dudablemente 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 resultan 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 notan 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 acojido el asunto con intelijencia 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 reconocimiento de las fallas o deplazamientos 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 vestijio 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 dificultades casi insuperables, a causa de la falta de levantamientos jeolójicos en la

rejion correspondiente. El atlas jeolójico 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 estension 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 jeolójico i tectónico de las rejiones recorridas como base de sus investigaciones en el terreno, acometiendo un trabajo, para cuya confeccion una série de espertos 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 aproximativamente tal empresa.

Los comisionados se han limitado, por consiguiente, en sus viajes, a recojer 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-morfolójicos 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 sismolójica (1).

(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 Cartajena i Melipilla que dejaria en claro si en esa rejion se han producido cambios de nivel a consecuencia del terremoto. Desgraciadamente, segun el informe

Despues de un viaje preliminar a Valparaiso 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 perseguia. Los señores Obrecht i Steffen salieron de La Calera al Norte, estudiando especialmente los valles de Nogales, Catalpico, La Ligua i Petorca, para dirijirse en seguida a San Felipe, desde donde emprendieron escursiones 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 Valparaiso, pasando por Tiltil, Limache, Casablanca, Curacavi i examinando ademas la zona del litoral desde Valparaiso 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 escursion a Nancagua. Finalmente, los señores Greve i Taulis visitaron la rejion del litoral de los departamentos de Curepto i Vichuquen, estudiando sobre todo las curiosas trasformaciones del terreno ocurridas cerca de Curepto, Lincanten i en las vecindades de la laguna de Vichuquen.

## I. LA ZONA MACROSÍSMICA

La estension 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 vista de los datos que vamos a esponer en seguida.

Por el Sur, las comunicaciones recibidas de Punta Arenas

---

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 de ótros 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 noticías recojidas en la isla de Chiloé son contradictorias. Miéntras que el rector del liceo de Ancud informa que «en la provincia de Chiloé no se presentó fenómeno alguno sísmico que pudiera apreciarse», el rector del Seminario de Ancud dirijido 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 jerente de la Compañia Ganadera de Yelcho-Palena asegura (1) que el movimiento se ha sentido en Quemchi (departamento de Ancud, lat. 42° 10′), pero no en la boca del Rio Yelcho, situada en la costa de Tierra-Firme, en los 42° 55′ de latitud aproximadamente. Una comunicacion del vice-cónsul británico de Huillinco 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 fué la estension austral de la esfera macrosísmica 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 sísmica perceptible. Desgraciamente, los ajentes consulares de Chile en la parte Sur de la República Arjentina han dejado de enviar contestaciones a las circulares, asi 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. Segun 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». Igual-

(1) Segun comunicacion por carta del Dr. Martin de Puerto Montt.

mente se refiere que en La Plata, Rosario, Santa Fé, Goya i Corrientes (1) se notaron pequeñas conmociones de la tierra.

Hácia el Noreste la determinacion del límite es mui difícil 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 todavía considerablemente mas allá de estos puntos, abarcando probablemente toda la rejion del Norte i Noroeste de la República Arjentina.

En el litoral del Pacífico 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 fenómeno sísmico correspondiente al terremoto del 16 de Agosto.

La mayor inseguridad reina naturalmente respecto de la estension del movimiento por el lado del Océano Pacífico.

Consultando los datos que ha sido posible obtener de las islas de Juan Fernández, 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 policía de las islas confirma lo mismo en carta dirijida al señor Julio

(1) Segun comunicacion del señor Vicente A. Barrios, cónsul chileno en Corrientes, el fenómeno produjo en esta ciudad una «oscilacion bastante cadenciosa de lámparas colgantes».

Fonck: (1) «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 órden del Supremo Gobierno, a Juan Fernández en los primeros dias de Setiembre, encontramos la noticia de que el subdelegado civil de la isla espresó que a las 8.30 P. M. del dia 16, él habia percibido un «pequeño remezon de tierra acompañado de un fenómeno eléctrico de truenos i relámpagos» (2).

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 respectivamen-

(1) Comunicacion por carta del señor Julio Fonck a la Comision.

(2) 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 Pacífico. Tomamos nota, sin embargo, de una noticia contenida en el *Geographical Journal* de Lóndres (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 oríjen 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 ménos, hasta que tengamos datos mas precisos que permitan examinar el punto debidamente.

te. Segun esto, la estension lonjitudinal en el sentido de Norte a Sur no es inferior de 2,800 kilómetros, miéntras que la distancia de los estremos en el sentido de Este a Oeste, medida en la latitud correspondiente a Valparaiso, alcanza a poco mas de 2,000 kilómetros.

## II. NÚMERO, 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 podria 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

---

Con todo, no queremos dejar de mencionar cierta analojía 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 ajitaciones 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 de 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 Fernández 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).

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 oscilacion preliminar de 9.7 m., (1) un aumento súbito i mui fuerte de la amplitud, hasta un máximum 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 pleistosística, no nos dice nada sobre el número i carácter de las sacudidas diferentes i sus manifestaciones en la superficie de la tierra.

---

(1) 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 fórmula siguiente, válida para todas las distancias epicentrales de ménos de 1,000 kilómetros:

$$\overset{\text{km}}{x} = 7{,}27\overset{\text{sec}}{y} + 38\overset{\text{km}}{,}$$

siendo $x$ la distancia (en kilómetros) entre el epicentro i el lugar de la observacion, i $y$ la duracion, espresada en segundos, de la pertubacion 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 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 estremo Sur de la rejion macrosísmica, desde la isla de Chiloé, hasta llegar al paralelo de latitud 39° mas o ménos, 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 hasta 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, fué de igual naturaleza». I la única comunicacion, recibida de Traiguen (por la alcaidía de la cárcel) dice que el fenómeno «se sintió primero como un balanceo que duró 3 a 4" 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 3m i uno aun 3 a 4m como duracion total del fenómeno, miéntras que los observadores residen-

tes 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.

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 Cautín 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: $2^1/_2$ 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 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 Anjeles: $2^m$.

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 $1^1/_2{}^m$).

Penco: $4^m$.
Tomé: mas de $^1/_2$ segun uno; otros indican $3^m$ i $4^m$ $40^s$.
Coronel: $1^1/_2{}^m$; $1^m$ $55^s$ segun otro.
Lota: $1^1/_2{}^m$.
Hualqui: $2^m$.
Rere: $1^m$.
Santa Juana: 7 a $8^m$.
San Rosendo: $5^m$.
Quillon: mas de $2^m$; segun otro $3^1/_2{}^m$.
Coelemu: $4^m$.
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, rejistramos 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 $35^s$ 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* choques con un intervalo de mas o ménos $1^m$, «pero sin que cesase del todo el movimiento»; el primero duró no ménos de $1^1/_2{}^m$, 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 $2^1/_2{}^m$. 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 sólo $30^s$ 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 ámbos de Rancagua:

Don José 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 fué de $4\frac{1}{2}$ minutos por lo ménos.

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 talvez 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 $2\frac{1}{2}$ a $3^m$, al segundo 3 a $4^m$ i al intervalo $1\frac{1}{2}$ a 2 de duracion.

Don Marcial 2.º Henríquez, 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 Krahnass, 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 $2\frac{1}{2}{}^m$ de este lapso de tiempo. La segunde série de fortisimas 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 en $5^m$.

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 remezon 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 $1^1/_2$ 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 ménos 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 ménos de $40^s$. Sin embargo, parece que la tierra no permaneció tranquila durante el tiempo que medió entre ámbos remezones». El señor Guillermo Geisse 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 $1^1/_2{}^m$ de duracion.

En Ovalle se sintieron, segun el señor Moriamez, «*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 récios hasta alcanzar formidables proporciones mas o ménos a los $80^s$, en que la intensidad llegó a su máximum para decrecer en seguida lentamente. A los $150^s$ 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 ménos a los $200^s$, los sacudimientos empezaron de nuevo con fuerza estraordinaria, siendo las oscilaciones mas rápidas i de mayor amplitud que al principio. Felizmente, los movimientos disminuyeron de intensidad unos $15^s$ despues i terminaron por completo en pocos momentos mas. Como se vé, 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 apénas perceptibles, alternadas con trepidaciones bien marcadas. La duracion total del fenómeno sísmico no baja de $230^s$».

Don Alberto Holmgren, director de la escuela de pilotines, encontrándose a bordo del *Abtao*, fondeado en la bahia de Coquimbo, notó tambien *dos* sacudimientos fuertes, con mas o ménos $5^m$ de diferencia, «pero el primer choque seguramente tuvo dos distintos movimientos». El primer sacudon duró $2^m$ $30^s$, «contados reloj en mano», siendo la segunda parte del choque mas larga que la primera. El segundo choque duró $55^s$. 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 $1^m$, el segundo solo 15 a $20^s$.

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 ménos $2^m$».

Con eso entramos en la zona periférica del Norte que principia mas o ménos al Norte del paralelo de latitud 28°, 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 $60^s$ segun unos, de $3^1/_2{}^m$ de duracion segun otro. El observador de la estacion meteorolójica del mismo punto, sin embargo, asegura que despues de algunos segundos de intervalo, «se repitió el temblor en igual forma de movimiento i direccion 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 $8^h$ $0^m$ $53^s$ *hasta* 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 $7^m$. Al cabo de este tiempo, se notaba que se hacian otra vez mas récias las oscilaciones que, despues de haber llegado a un máximum, 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 meteorolójica, 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 apénas 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 hácia 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 fué disminuyendo hasta concluir con un sacudon fuerte».

Agregamos, por último, que, segun una comunicacion telegráfica de la Oficina Meteorolójica de Buenos Aires, se percibieron tambien *dos* sacudimientos en Mendoza i San Cárlos (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 tambien en La Paz i Santa Rosa (Córdoba). En San Juan la conmocion del suelo duró 11", en San Luis 20", i en Santa Rosa 30".

Haciendo el resúmen 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 série, fué escepcionalmente largo, de 4 a 5 ᵐ de duracion, miéntras que el segundo, de igual o talvez mayor fuerza que el primero, duró solamente 1 ᵐ o poco ménos.

En las rejiones periféricas del Sur i del Norte se borra la distincion de las dos séries 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 estraordinaria.

## 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 prévia 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 rejistradores, se presta a mayores equivocaciones que la direccion de los movimientos. Aun mas, las esperiencias hechas en otros terremotos, cuyos elementos han sido observados con todo cuidado i con auxilio de instrumentos sismográficos, han demostrado que las direcciones de los choques en las diferentes localidades de la superficie

terrestre varian estraordinariamente 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 ántes 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 determinacion de la direccion de los choque sísmicos es, en efecto, tan problemática, que en un manual moderno de sismolojía (1) 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 creido justificado ir hasta tal estremo, 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 movimientes del suelo, sobre todo en la rejion pleistosística, haciendo fracasar, al parecer, todo ensayo de fijar sobre esta base el epicentro del terremoto. A pesar de eso, seria prematuro desechar *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 hai que aplicar un procedimiento critico 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.

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

Así, por ejemplo, el señor Moriamez, injeniero-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 sí, 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 esperimenta 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 ménos, i aumentando despues en número i precision desde la línea del rio Maule hácia el Norte. Dada la importancia de este punto que forma probablemente uno de los rasgos característicos para determinar la naturaleza del terremoto, rejistraremos 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 descripcion siguiente: «A las 8 P. M. vino un sacudon récio pero corto *en sentido perpendicular*, i despues siguió un balanceo largo i suave... que hacia cimbrar los árboles en el jardin 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 fué 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 fué 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 barritas 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 fué 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 hácia arriba, que se notaron fuera de balanceos horizontales.

Segun la descripcion dada por el señor Fuentes, profesor del liceo de San Fernando, el movimiento fué mui complejo: «al principio un balanceo lento; luego una série 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 esplosiones*. 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, pro-

vienen 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 descripcion 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, miéntras que alguien da siempre sacudimientos fuertes en una cadena del columpio. De cuando en cuando crei 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. Rodriguez, de Quillota, distingue la siguiente sucesion en los movimientos: «El primero me pareció de forma lateral i de direccion Norte-Sur. Fué mas largo, pero ménos fuerte que el segundo que obró pimero *de abajo hácia 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 hácia arriba* que hacia saltar los objetos de las mesas i el agua de las vasijas, terminando con un movimiento ondulatorio. El segundo cho-

que 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 hácia 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 se sintió, segun el señor Moriamez, al principio un movimiento fuerte, horizontal, de Norte a Sur; despues aumentó, combinado con el movimiento *vertical*, hasta su maximum, 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 départamento 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 hácia 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 recrudescencias 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», miéntras que otro agrega que, aunque el movimiento principal fué de vaiven lento i mui ámplio, se distinguieron tambien movimientos secundarios, i más 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 ajitacion terrestre. Creemos que el aparecer de esta conmocion vertical, de estension estraordinaria 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 de Agosto. (1)

---

(1) La sismolojía 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 hácia una altura de mas de cien metros. Dutton («Earthquakes» etc. páj. 148) dice a este respecto: «Del hecho jeneral de que la componente vertical es invariablemente menor que la horizontal, miéntras que el período 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 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

Aparte de las trepidaciones rápidas correspondientes a la conmocion 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 período, 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 | Vaiven de lámparas de colgar. Reloj con esfera puesta al E. se paró. |
| Mulchen..... | N-S | Balanceos de lámparas de colgar. |
| Los Anjeles..... | N-S | Id. id. Amplitud de oscilacion en la lámpara 80 cm. a 1 m. |

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 ménos, se puede afirmar que jamás 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».

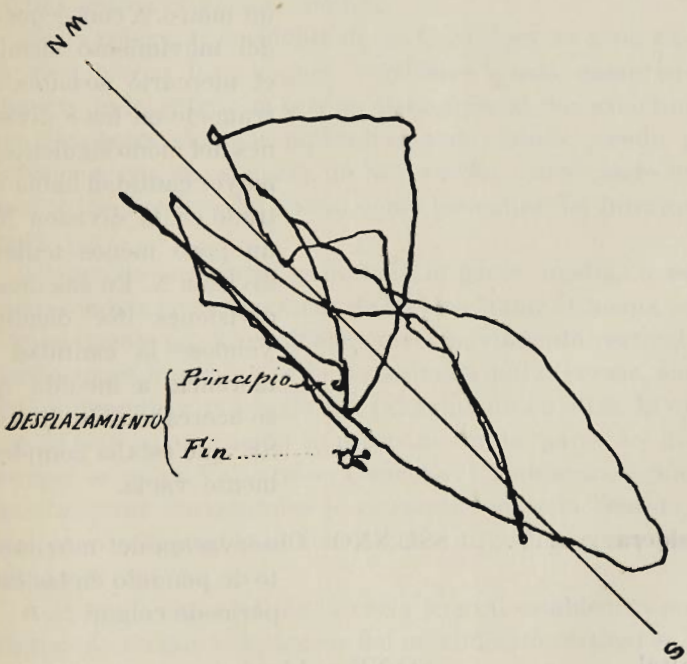
Si bien puede ser justificado desechar por exajeradas las noticias referentes al terremoto de Riobamba, parece, sin embargo, que las observaciones hechas con ocasion del terremoto del 16 de Agosto desautorizan la aseveracion de Dutton, de que jamas se produzca en la conmocion vertical una aceleracion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

| Localidad | Direcciones predominantes | Observaciones comprobatorias |
|---|---|---|
| Concepcion..... | N-S | Cúpula de una torre de iglesia cayó en direccion N-S. (Segun otro hácia el SO). |
| Penco..... | N-S | Balanceo de lámparas colgadas. |
| Chillan..... | O-E<br>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. |
| Constitucion..... | N S | 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 en un 75%, en las de otras direcciones solo en 25%. |
| Curicó..... | N-S<br>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. |

| Localidad | Direcciones predominantes | Observaciones comprobatorias |
|---|---|---|
| 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 | Caida de estátuas, 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. |
| Rancagua | N-S O-E | Arbol 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 orientadas en direccion N-S han sufrido mas. |
| Santiago | N-S O-E | Caida de objetos sueltos, inclinacion de las cruces en las torres de la Catedral, etc., etc. |

| Localidad | Direcciones predominantes | Observaciones comprobatorias |
|---|---|---|
| Colina | O-E | Oscilacion de lámparas de colgar. |
| Curacaví | O-E<br>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<br>Valparaiso<br>Limache | | Movimientos en todo sentido. Parece imposible determinar direcciones predominantes. |
| Quillota | O-E<br>S-N | Caida i desplazamiento de muebles, murallas, etc. |
| Nogales | S-N<br>O-E | Id. id. Para no caer hubo que colocarse en /\, mirando al Poniente. |
| San Felipe | O-E<br>S-N | Desplazamiento de muebles. |
| Putaendo | 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<br>La Ligua<br>Petorca | O-E<br>O-E<br>S-N | Segun el conjunto de observaciones i datos recojidos por los miembros de la Comision sobre direccion de las grietas de edificios, caida de murallas, etc. |
| Illapel | SE-NO | Caida de murallas, trozos de revoque de las casas, etc. |

| Localidad | Direcciones predominantes | Observaciones comprobatorias |
|---|---|---|
| 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 estremidad de un péndulo de 0. 8 m. de largo sobre un vidrio ennegrecido (remitido por el señor Moriamez). |



| Localidad | Direcciones predominantes | Observaciones comprobatorias |
|---|---|---|
| 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 |
| Huasco. ... .... | E-O | Id. id. |
| Copiapó..... | SE-NO S-N | Observacion en un sismómetro de mercurio del Liceo Aleman que descansa sobre un poste enterrado en el suelo como un metro. A consecuencia del movimiento sísmico, el mercurio se habia 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 reune, 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, seria 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 sismolojía.

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 estremo de esta complicacion se presenta en la parte del litoral en que se hallan Valparaíso, 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 sismolojía de que el aparecer del movimiento vertical es propio del epicentro de un temblor, resultaría que se tratara en

el terremoto del 16 de Agosto de un fenómeno distinto de los temblores regulares, ocupando su epicentro una zona cuyo largo se estiende a traves de mas o ménos ocho grados de latitud, con un ancho medio de unos 120 kilómetros. 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 ménos distantes entre sí, ya sea simultáneamente o en sucesion rapidísima. (1)

---

(1) 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 sismolójica de Chile se podrian encontrar varios ejemplos de terremotos que representan el carácter de «lonjitudinales», estendiéndose las vibraciones sensibles sobre una zona mui considerable a lo largo de la costa del Pacífico. Citamos únicamente el terremoto del 19 de Noviembre de 1822, que por varios motivos se asemeja bastante a la 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», München 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.

Hai 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 despoblado.

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 «lonjitudinal», a causa de la gran série de noticias comprobadas sobre la conmocion vertical percibida casi simultáneamente a lo largo de una faja

## IV. LA INTENSIDAD DE LOS MOVIMIENTOS

La apreciacion de la intensidad de perturbaciones sísmicas para las cuales no existen anotaciones instrumentales, debe ajustarse a cierta escala empírica, basada por la mayor parte en los efectos destructivos i alteraciones producidas en los edificios i objetos movibles, o en las impresiones personales que son causadas por los movimientos repentinos de la tierra. La escala mas conocida i todavía aceptada universalmente, a pesar de sus defectos manifiestos, es la llamada de Rossi i Forel que distingue diez grados, desde el número 1, que corresponde a movimientos microsísmicos, hasta el 10 que se califica como «gran catástrofe i ruinas, con formacion de grietas en la costra terrestre i derrumbe de cerros». Con razon se considera que la escala de Rossi i Forel se adapta especialmente a la graduacion de intensidad en temblores suaves i medianos, miéntras que tiene valor escaso en aplicacion a temblores de gran fuerza que aceptan el carácter de terremotos. Para estos últimos merece ser preferida una escala, usada jeneralmente en Italia, que tiene algunas diferencias de la de Rossi i Forel i se conoce con el nombre de escala de Mercalli.

La graduacion de ella que aplicaremos tambien en el presente trabajo, es la siguiente:

I. Movimiento anotado solamente por aparatos sismográficos.

II. *Mui suave.*—Sentido solamente por unas pocas personas que se hallan en condicion perfectamente tranquila, especialmente en los altos de los edificios o solamente por personas sensitivas i nerviosas.

III. *Suave.*—Sentido por varias personas, pero pocas en comparacion al número de habitantes de una localidad, se

---

lonjitudinal 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.

caracteriza como «sentido apénas», sin causar alarma i jeneralmente sin que las personas se dan cuenta de que hubo un temblor hasta que se supo que tambien otros lo sintieron.

IV. *Moderado o sensible.*—No sentido en jeneral, pero por muchas personas dentro de las casas, aunque sólo por pocas que se hallan en los bajos. No causa alarma, pero se nota el sacudimiento de objetos livianos (cristaleria), crujido del entablado i pequeña oscilacion de objetos colgados.

V. *Bastante fuerte.*—Sentido jeneralmente dentro de las casas, pero poco fuera de ellas; despierta a los que duermen i alarma a algunas personas; se nota trepidacion de las puertas, sonar de campanillas i oscilacion bastante pronunciada de objetos colgados. Relojes se paran.

VI. *Fuerte.*—Sentido por cada uno dentro de las casas, causando alarma de mucha jente i fuga al aire libre; caida de algunos objetos en las casas, desprendimiento de estucos, rasgaduras poco considerables en casas mal edificadas.

VII. *Mui fuerte.*—Sentido con jeneral alarma i fuga al aire libre; perceptible tambien fuera de las casas; sonar de campanas de iglesia, caidas de chimeneas i tejas; agrietamiento de numerosos edificios, pero jeneralmente de poca consideracion.

VIII. *Ruinoso.*—Sentido con gran alarma; ruina parcial de algunas casas i agrietamientos frecuentes i considerables en otras. No causa pérdidas de vidas sino solamente unos pocos casos de lesiones personales.

IX. *Desastroso.*—Ruina completa o casi completa de algunas casas i agrietamientos graves en otras, haciéndolas inhabitables; algunas pocas pérdidas de vida en diferentes partes de puntos mui poblados.

X. *Mui desastroso.*—Ruina de muchos edificios i gran pérdida de vidas; formacion de grietas en el terreno (1), derrumbamiento de cerros, etc.

---

(1) Es este un punto en que, como en varios otros, se manifiesta que tambien la escala de Mercalli es, en parte, insuficiente e incompleta. Pues, el

Habiendo sometido todo nuestro material de informaciones a un estudio crítico comparativo, con el objeto de ganar una base para la construccion de las curvas isosistas, hemos formado el siguiente cuadro en que se anotan los grados de intensidad, segun la escala de Mercalli, i algunos estractos de las informaciones que puedan servir para justificar la graduacion que hemos atribuido a las distintas localidades:

| Localidad | Grado | Algunos efectos producidos por el terremoto |
|---|---|---|
| Ancud ..... | III-IV | Se alcanzaron a mover lámparas de colgar. |
| Puerto Montt ..... | IV-V | Movimientos de péndulo pronunciados en lámparas de colgar. Se paran relojes. |
| Osorno ..... | IV | Balanceo de lámparas; el movimiento imperceptible para la mayoria de los habitantes, «pasó casi inadvertido». |
| La Union ..... | IV | Ondulacion suave. «Efecto producido en muchas personas fué como el vértigo del mareo o un desvanecimiento de cabeza». «No hubo crujimiento de las maderas del edificio». |

agrietamiento del terreno seguramente no puede servir de criterio para un temblor del grado mas alto de la escala. En terrenos sueltos o acumulados artificialmente se pueden producir aberturas i grietas en consecuencia de sacudimientos, cuya intensidad corresponde a grados mui inferiores de la escala. Nuestro cuadro presenta varios ejemplos de eso. En ciertas partes de los departamentos de Imperial i Linares, donde la intensidad no pasó en ningun caso el grado de VI a VII, se formaron grietas en el terreno, brotando agua de algunas de ellas. Tambien cerca de Ovalle se observaron grietas en los cerros inmediatos, siendo la intensidad no superior al grado VI de la escala.

| Localidad | Grado | Algunos efectos producidos por el terremoto |
|---|---|---|
| Valdivia..... | V | Vaiven de lámparas, relojes parados, crujido de los edificios; sentimiento de mareo. Uno de los alambres del alumbrado público eléctrico se cortó. La empresa tuvo que suspender el alumbrado i la ciudad quedó a oscuras. Algunas personas buscaron apoyo en las puertas de calle para mantenerse en pié. |
| Temuco... ..... | V | Relojes de péndulo se pararon; lámparas i cuadros se movieron. |
| Carahue..... ... | V | Se califica de «gran temblor». Movimiento de lámparas de colgar. En la linea férrea en construccion, 200 metros al Este de la laguna del Espejo hubo un hundimiento de terraplen. |
| Nueva Imperial.... | V | Relojes parados, movimiento de lámparas de colgar; frascos de la botica se corrieron. |
| Traiguen.. ..... | V-VI | En un juego de ajedrez el remezon hizo caer las piezas. Los sacudimientos se caracterizan como «fuertes», que produjeron «pánico», pero por lo demas ningun daño. «Dos o tres grietas en el tercer piso de la cárcel». |

| Localidad | Grado | Algunos efectos producidos por el terremoto |
|---|---|---|
| Mulchen ..... | V-VI | «Ondulacion, aumentando hasta no poder sostenerse en pié». Movimiento de objetos colgados. No hubo grietas en los edificios, por ser todos de madera. |
| Quino..... | V-VI | «Mui fuerte»; dos «grandes» remezones. |
| Los Sauces..... .. | V-VI | «El segundo remezon mui fuerte». |
| Los Anjeles..... | V-VI | Una lámpara osciló con amplitud de 80 cm. a 1 m. Se pisaba «como en altos i en bajos», i muchas personas no podian avanzar. No hubo derrumbe de casas ni aberturas de murallas. Relojes parados. Susto producido por el temblor «escepcionalmente largo»; la jente tuvo tiempo para ir a la calle. Sentimiento jeneral de mareo. Puertas i ventanas sonaron con gran fuerza. |
| Cañete..... | V | Sacudimiento i crujimiento de edificios i muebles. «De los techos no cayó ni una sola teja en toda la poblacion». Las casas son jeneralmente de madera, pero las pocas construcciones de cal i piedra o de cal i ladrillo no sufrieron nada tampoco. |

| Localidad | Grado | Algunos efectos producidos por el terremoto |
|---|---|---|
| Ranquil..... | | «Parecia que la tierra se iba a abrir». |
| Los Alamos.... | V | Balancel-nto, despues «fuerte» remezon. Todo quedó tranquilo. |
| Curanilahue.... | | Principió mui despacio, terminó «con fuerza». |
| Arauco..... | V | Relojes de péndulo se pararon. Aguas depositadas en un bajo de un sitio se escurrieron, desparramándose hácia los lados. Ningun efecto producido en los edificios que son casi todos de madera i barro. |
| Punta Lavapié.... | V | Balanceo «bastante fuerte». No produjo efecto ninguno. |
| Lota..... | V | «Aunque duró como 90 s., no fué violento en esta comarca». Sacudon récio, despues balanceo largo i suave «que hacia cimbrar los arboles como columpios invertidos». |
| Coronel..... | V | Reloj de péndulo paró. Oscilacion suave, pero «produjo alarma por su duracion». |
| Concepcion.... | VI-VII | Cúpula de la iglesia de San Francisco se cayó. Algunas murallas se agrietaron. Las campanas de algunas iglesias alcanzaron a sonar. Relojes parados. |

| Localidad | Grado | Algunos efectos producidos por el terremoto |
|---|---|---|
| Penco | IV | Relojes parados. Caida de una que otra muralla de adobes en mal estado. |
| Tomé | | Primer remezon de «regular» intensidad, el segundo mas intenso. Una muralla cortafuego se desprendió de un edificio, dejando una rasgadura como de $^1/_2$ cm. |
| Quillon | VI-VII | «Formidable» temblor, alarmante. Algunas paredes se rasgaron; otras en mal estado, cayeron. Murallas, objetos i personas, todo balanceaba «visible i sensiblemente». Algunos muebles cayeron, tabiques se desplomaron. |
| Santa Juana | V-VI | «Bastante récio», pero ningun perjuicio en personas o edificios. |
| Pemuco | | Remezon «fuertísimo», pero no daño alguno. |
| Búlnes | | Principió despacio i terminó «fuerte». No se menciona ningun perjuicio. |
| Chillan | VI-VII | Oscilacion «violenta» de objetos colgados. Crujido de los edificios. Un estante con libros se cayó; la chimenea de una fábrica se cayó en dos partes; algunos edificios |

| Localidad | Grado | Algunos efectos producidos por el terremoto |
|---|---|---|
| | | se agrietaron de arriba a abajo. |
| Cauquénes..... | VII-VIII | Gran pánico; gritos de jente. Crujido de casas; sonar de las campanas de la iglesia matriz, «causado por la oscilacion hasta de 6 m. de sus torres». Agrietamiento jeneral de las murallas, la fachada del liceo «saltó integra a la calle»; la iglesia de San Alfonso se partió en la juntura del cuerpo del edificio en la parte que soporta las torres. |
| Constitucion .... | VII | Muebles pesados no cambiaron de posicion, pero sí objetos de adorno sobre cómodas etc. Arboles pequeños «parecian tocar el suelo con sus ramas». Algunas murallas cayeron o se desplomaron, agrietándose oblicuamente de arriba a abajo. |
| Talca ..... | VII-VIII | Desplazamiento de muebles pesados; hundimiento de tejados i esquinas de casas; caida i desplome de murallas. |
| Curicó..... | VIII | Dos manzanas de edificios (en terreno rellenado) totalmente destruidas; desprendimiento de las cornisas de mura- |

| Localidad | Grado | Algunos efectos producidos por el terremoto |
|---|---|---|
| | | llas de ladrillos. Caida de cristalerias, muebles i cuadros; movimiento circular de estatuas. |
| Llico..... | VIII | Muebles chicos (mesitas, estantes) se volcaron; cuadros se corrieron. Casi todos los edificios sufrieron, derrumbándose algunos. Hai que distinguir entre los efectos producidos en los edificios a orillas del estero que se desplomaron por completo, i en los situados en la falda de los cerros que sufrieron mui poco. Agrietamiento del terreno a orillas de la laguna i en los cerros. |
| Curepto ..... | VIII | Caida de paredes de edificios, sonar de las campanas de la iglesia. Formacion de dos grietas de E. a O. (15 cm. de ancho, 80 cm. de profundidad, 200 mts. de largo la una, 100 mts. la otra) a orillas del estero. Edificios situados en la parte alta de las lomas han sufrido mucho ménos. |
| San Fernando..... | VI-VII | Desplazamiento de algunos muebles pesados; movimientos «jiratorios» de objetos libremente apoyados. Por lo demas solo agrietamiento de las murallas. |

| Localidad | Grado | Algunos efectos producidos por el terremoto |
|---|---|---|
| Rapel..... Matanzas..... | VIII-IX | «Una iglesia sólida, con murallas dobles de adobes i baja, cayó totalmente». En la cuesta de Rapel se formó un volcan de barro. El suelo arenoso se agrietó (paralelo a la playa), destruyéndose la mayor parte de los edificios. |
| Rengo ..... | VIII | Se cayeron 8 edificios de adobe i uno de cal i ladrillo, 5 personas murieron. En cambio hai calles, como la principal de N. a S., que no han tenido considerables perjuicios. |
| Rancagua..... | VII | Desplomes i rasgaduras de murallas; se desprenden corredores de algunas casas. Las iglesias Parroquial i de San Francisco sufrieron en sus frentes norte (son de cal i ladrillo). |
| Machalí..... | IX | «Casi completamente destruido». |
| Peñablanca..... | VIII-IX | La tierra partida en muchos puntos, sobre todo en lugares húmedos. Brotó agua con arenilla fina, colorada. Edificios caídos. |
| Pichilemu..... | | Agrietamiento del terreno, especialmente en las inmediaciones de las lomas i en las |

| Localida | Grado | Algunos efectos producidos por el terremoto |
|---|---|---|
| | | vegas. Brotó agua de las aberturas. |
| Melipilla. ..... | VIII-IX | Caida de algunos edificios; agrietamiento de las murallas en todo sentido. Desplazamiento de muebles pesados. 20 personas murieron. |
| Talagante..... | VIII | Hundimiento de los techos de dos de las mejores casas de la poblacion; murallas agrietadas. Objetos livianos (cuadros, etc.) «cayeron hasta 3 m. de distancia». Pero en jeneral «los efectos no han sido tan desastrosos como en los pueblos vecinos». |
| San José de Maipo.... | VI | No hubo destrozos; ninguna muralla ni techos caidos, solo las tejas se movieron. «La intensidad no fué tan fuerte como en Santiago». |
| Santiago..... | VIII | Gran alarma. Fuga jeneral al aire libre. Ruina parcial de algunas casas; agrietamientos numerosos i considerables en otras, sobre todo en los barrios occidentales i mas bajos (el Museo Nacional en la Quinta Normal). Pocas pérdidas de vida. |

| Localidad | Grado | Algunos efectos producidos por el terremoto |
|---|---|---|
| Colina | VII | Sonar de campanas de la iglesia. Agrietamiento de edificios mal construidos. |

Para la zona pleistosística que comprende los departamentos de Casablanca, parte de Melipilla, Valparaiso, Limache, Quillota i La Ligua, vale en jeneral la graduacion de IX-X, aunque con muchas interrupciones en la reparticion uniforme de la intensidad, causadas principalmente por la variada composicion jeolójica i las diferencias en la humedad i coherencia de las capas superficiales del terreno.

| | Grado | |
|---|---|---|
| San Felipe | VII | Caida de objetos livianos (servicios de comedor, etc.) i de algunos muebles. Desplome o caida de chimeneas. Rasgaduras en murallas de edificios, sobre todo los de ladrillo. |
| Los Andes | VII | «En el pueblo hai pocos edificios i paredes caidos, pero todos agrietados mas o ménos». Caida de tejas i objetos livianos, desplazamiento de muebles. (Un observador cree que la intensidad corresponde al grado 8 de la escala Rossi-Forel). |
| Illapel | VII-VIII | Casi todos los edificios sufrieron averías, principalmente las esquinas de las manzanas. Hundimiento vertical de los techos en muchos edificios, corrida de las tejas en casi |

| Localidad | Grado | Algunos efectos producidos por el terremoto |
|---|---|---|
| | | todos. Saltar de pantallas de lámparas, sin que sufriera el tubo. (Un observador fija la intensidad en el grado 9 de la escala Rossi-Forel). |
| Combarbalá..... | VI | Desprendimiento de algunas tejas; reloj de péndulo parado, movimientos de cuadros, etc. Caida de cristalerias. |
| Ovalle..... | VI | Desplome de murallas; caida de tabiques; balanceo de lámparas de colgar; relojes parados. |
| Tongoi..... | IV-V | Un observador dice: «No orijinó desperfectos en la casa ni daño ninguno, quedando la sensacion mas bien de lo largo que lo fuerte que fué. Mucho ruido, poco movimiento». |
| Coquimbo... | IV-V | En el faro (Punta Tortuga) fué «tan suave que no alteró en lo mínimo los ánimos de las personas que habitaban dicho establecimiento». «Se ha sabido despues que en la poblacion (Coquimbo) el movimiento terrestre fué mas largo». |
| | | En el puerto de C., a bordo del *Altao*: «Efectos a bordo no fueron pronunciados, sólo un trémulo jeneral en las ca- |

| Localidad | Grados | Algunos efectos producidos por el terremoto |
|---|---|---|
| | | denas, muebles, faroles, etc». Mina Brillador (1,200 m. s. m.): Reloj de campana colgado se paró. Lámparas de colgar balancearon. |
| Hacienda Santa Ana (al SE. de Coquimbo) | VI | Caida de cosas movedizas, balanceo bastante marcado de lámparas, cuadros, etc. Relojes de péndulo parados. |
| La Serena..... | VI | Sacudimientos «récios». Grietas producidas en las murallas de algunos edificios i desplome de otras. «La lentitud de las oscilaciones evitó mayores males». |
| Totoralillo..... | IV | Ningun perjuicio. |
| Freirina..... | IV | No hubo caida ni agrietamiento de casas o murallas. |
| Huasco..... Carrizal Bajo..... | III-IV | Oscilacion de lámparas de colgar. No se movieron ni los cuadros. Tampoco se sintió sacudimiento de los edificios. Sentimiento de mareo. |
| Copiapó..... | V | «No produjo mayores efectos que la oscilacion de los edificios i muebles. No cayó ningun objeto». Cuadros colgados oscilaron. Reloj de péndulo se paró. Alarma. (Segun un observador corresponde la intensidad al grado 6 de la escala Rossi-Forel.) |

| Localidad | Grados | Algunos efectos producidos por el terremoto |
|---|---|---|
| Chañaral..... | III | Prolongada oscilacion «sin es tremecimiento alguno». «Pa só desapercibido, sin ninguna preocupacion en la totalidad de los habitantes». |
| Taltal..... | III | Vaiven de lámparas con «8 pulgadas de arco». Lo sintie- ron «contadisimas personas». |
| Antofagasta..... | II-III | »Todo el mundo está de acuer- do que el temblor ha sido apénas perceptible». |
| Iquique..... | III-IV | Produjo algun susto pasajero. Lámparas de colgar se mo- vieron como en trepidacion, «sin oscilacion». En el faro «remezon débil». |
| Caleta Buena..... | III | Se sintió «una simple trepida cion». |
| Pisagua..... .. | III | Se sintió «mui despacio». |
| Tacna ..... | II-III | Se «sintió apénas». |

La intensidad de los movimientos correspondientes a las rejiones de ultra-cordillera no se puede fijar con exactitud por falta de datos; pero, segun las comunicaciones de la oficina meteorolójica de Buenos Aires i las noticias de los diarios, parece que se podria asignar, sin temor de equivocarse demasiado, el grado de VI-VII a la intensidad con que el temblor se manifestó en La Rioja, San Juan i Mendoza.

Tomando en cuenta los materiales precedentes i omitiendo las diferencias locales i de detalle que naturalmente debie-

ran resaltar en un cuadro mas completo, hemos trazado las isosistas o curvas de igual intensidad en el mapa de conjunto que acompañamos. Es casi supérfluo observar que el trazado no tiene sino un valor aproximado, no tanto por la deficiencia de las informaciones que se han podido utilizar, sino por la estrema variabilidad del elemento mismo de cuya investigacion se trata.

En cada manual de sismolojía se hace referencia a los numerosos factores que influyen en la correcta determinacion de la intensidad de los movimientos sísmicos, siendo el mas poderoso de todos la variacion en la composicion del terreno que aumenta o retarda, segun la elasticidad i coherencia de las rocas i tierras, la enerjía vibratoria de las partículas de suelo por donde pasan las ondas sísmicas. En las rejiones de Chile que quedaron espuestas a los efectos del terremoto, hai un cambio mui rápido de las formaciones jeolójicas que componen el terreno; pues, al lado de gruesas masas de rocas que poseen un alto grado de densidad i elasticidad, como las rocas antiguo-plutónicas i mesozoicas de que se componen los macizos de la Cordillera de la Costa, se estienden valles i hoyas bajas, cubiertas de aluviones cuartarios i terrenos movedizos de acarreo fluvial, interrumpiendo en muchas partes el conexo orográfico de las montañas. Es de presumir, por consiguiente, que los efectos producidos por los sismos pueden haber sido mui diferentes en puntos mui cercanos uno del otro, haciendo casi imposible la aplicacion de una escala uniforme de intensidad.

Los ejemplos de que efectivamente ha sucedido así, abundan, bastándonos citar aquí la ciudad de Valparaiso i sus alrededores inmediatos. Una graduacion correcta de la intensidad de los sismos exijiria, para el recinto de dicha ciudad i sus vecindades, la distincion prévia de por lo ménos tres grupos de terrenos, a saber: 1.º, las faldas rocosas de los cerros; 2.º, la plataforma baja interpuesta entre el pié de los cerros i la línea de costa, compuesta de los materiales arenosos depositados en la mayor parte por los esteros de las alturas vecinas; i 3.º, una faja de terrenos rellenada artifi-

cialmente con un material de tierras i rocas sueltas, para dar mayor ensanche a las construcciones del malecon i de la línea férrea. Como todo el mundo sabe, la intensidad de las vibraciones del suelo i los correspondientes efectos de destruccion han alcanzado su máximum (grado X de la escala) en los trechos que, como el barrio del Almendral i la mayor parte de la Poblacion Vergara, pertenecen a los grupos 2.º i 3.º, miéntras que, en las vecindades inmediatas, las construcciones situadas en las alturas i faldeos rocosos, han sufrido en jeneral mucho ménos, correspondiendo el grado de perjuicios producidos en estas partes a la mayor o menor solidez e idoneidad de los materiales i métodos empleados en la edificacion.

Fuera de esto, se han notado tambien, dentro de algunos valles, contrastes de la intensidad sísmica mui marcados i en lugares pocos distantes uno del otro, no habiendo, a primera vista, diferencias de carácter jeolójico que podrian esplicar tal fenómeno. Los miembros de la Comision que recorrieron los valles de la provincia de Aconcagua pudieron observar, por ejemplo, que, miéntras en algunos pueblos principales como San Felipe, Putaendo, Los Andes, los efectos de destruccion se mantuvieron en límites medianos, mui cerca de ellos, en algunos fundos i pueblos menores, como Panquehue, Quilpué, Rinconada de Guzman, Ensenada del Tártaro, Casuto, Calle Larga, etc., las conmociones sísmicas han producido verdaderos estragos, echando abajo edificios i cercos, agrietando el suelo i causando eventualmente pérdidas de vida de jente i animales.

Seguramente, estos casos se podrian aumentar todavía mucho por observaciones análogas en otras provincias, i se vería entónces que, en jeneral, aquellos puntos que parecen haber sufrido desmesuradamente, corresponden a las partes marjinales de los valles, donde las laderas de los cordones que los encierran se abren para dar cabida a rinconadas mas o menos espaciosas, de forma semicircular o elíptica alargada. La naturaleza del terreno en estos ensanchamientos marjinales, no es jeneralmente distinta de la que se observa en

los aluviones de la parte media i principal de los valles; pero a menudo su nivel es mas bajo i la coherencia de las capas superficiales del terreno es menor que en otros trechos del mismo valle, a causa de estar aquellas humedecidas por los esteritos i arroyos que descienden desde las alturas circunvecinas hácia la rinconada como hácia una caldera en que se estancan, produciendo frecuentemente vegas pantanosas i tembladeras. Siendo un hecho comprobado de que terrenos humedecidos, blandos, que descansan, con un espesor mediano, sobre fundamento rocoso, son los mas espuestos a ser agrietados i sacudidos violentamente por los temblores, no cabe duda de que muchos de los contrastes que se notan en la intensidad de los efectos producidos por el terremoto, se esplican por las diferencias locales en la permeabilidad i contenido de humedad de las estratas superficiales.

A los pueblos que han sufrido con estrema gravedad las consecuencias perniciosas de estar edificados en terreno movedizo i húmedo, pertenecen Limache i San Francisco de Limache, principalmente el primero de ellos. Ambos están situados en la parte plana de un valle que alcanza de $2^1/_2$ a 3 kilómetros de ancho, separados por el estero de Limache que corre en terrenos de aluvion, con barrancos de 2 a 4 metros de altura.

Segun el informe del señor Lorenzo Sundt, la composicion del terreno, verificada en un pozo de agua, es la siguiente:

Primero, una capa vejetal de 0.40 hasta 1.20 m. de espesor; mas abajo sigue un polvillo mui duro de color amarillo, impermeable para agua i refractario al fuego, de 0.80 m. de espesor; despues viene 1 m. de ripio, maicillo permeable, i por último 5 m. de arena con agua. Resulta entónces, segun la esposicion del señor Sundt, que las lluvias humedecen la capa vejetal sin poder penetrar la capa impermeable del subsuelo, lo que indudablemente contribuye a hacer el terreno superficial mui blando i movedizo en tiempos de lluvia. Ademas, la coherencia del terreno en los dos pueblos de Limache parece que se debilita por estar cerca de los barrancos del estero i de varios canales profundos de regadío, pudién-

dose observar tambien en el llano vecino que se estiende entre Limache i La Dormida, que las casas derrumbadas por el terremoto estaban situadas jeneralmente cerca de los canales de agua, cuyas orillas se habian agrietado.

Los casos frecuentes de agrietamiento superficial del suelo, formacion de hoyos a manera de pequeños cráteres que hacen emanar barro liquido en los sacudimientos, i otros fenómenos parecidos que se han observado en los departamentos vecinos a la costa, sobre todo en los de Curepto, Vichuquen i San Fernando—i que causan una elevacion mui considerable de la escala de intensidad para esos lugares—se relacionan evidentemente tambien con las condiciones de humedad de las capas superficiales. Son por la mayor parte terrenos vegosos, en que la capa vejetal empapada de humedad se ha partido fácilmente en las sacudidas, dando salida violenta i repentina a las aguas barrosas acumuladas encima de alguna estrata impermeable del subsuelo.

---

De las esposiciones anteriores se desprende que una representacion gráfica verdaderamente fiel de las diferencias en las manifestaciones de la enerjia sísmica del terremoto, solo seria posible tomando por base un mapa de grande escala, en que se especificarian todas las variaciones del suelo respecto de su composicion orográfica, su jeolojía superficial i condiciones hidrolójicas. Resultaria entónces un cuadro por demas variado en que se verian dispersos los máximums de intensidad, a manera de saltos, en toda la zona afectada, hallándose con mayor frecuencia en las cuencas bajas i rinconadas de los valles del interior i en los terrenos vegosos del litoral; miéntras que los mínimums corresponderían a las serranías i planicies compuestas de un material compacto i homojéneo de rocas elásticas.

Haciendo abstraccion de las irregularidades de detalle que hemos señalado mas arriba, el cuadro jeneral de las curvas ísosistas deja ver algunas particularidades que daremos a conocer en seguida.

En primer lugar resulta que solamente las isosistas correspondientes a los grados VII i superiores de la escala de Mercalli quedan enteramente al occidente de la Cordillera de los Andes, estendiéndose con bastante regularidad en forma de medios elipses concéntricos i alargados a traves de la rejion comprendida entre los paralelos de latitud 36° i 31½° aproximadamente. El eje mayor comun de las elipses coincide casi exactamente con la línea de la costa desde el estremo Sur de esta zona hasta cerca de Zapallar, desde donde se interna algo al continente, siendo su rumbo jeneral N. 18° E.

Dentro de esta rejion, la parte que podria designarse como pleistosística i donde predominan los grados de IX a X de la escala de intensidad, no ocupa precisamente el centro, sino aparece algo avanzada hácia el Norte, apoyándose en el trecho de la costa desde Matanzas hasta Zapallar i abarcando hácia el interior la mayor parte de los terrenos de la Cordillera de la Costa i de los valles correspondientes desde Melipilla hasta La Ligua, es decir poco mas de 160 kilómetros de estension lonjitudinal NNE—SSO por 30 a 35 kilómetros de ancho en direccion ONO—ESE.

A partir desde la rejion comprendida dentro de la isosista VII hácia afuera, llama ante todo la atencion la diferencia entre las distancias en que se siguen las curvas correspondientes a los grados inferiores de la escala en la porcion setentrional i meridional de la rejion periférica. Los espacios intermediarios entre las isosistas VI, V i IV, a lo ménos en la costa i en la faja central del pais, son considerablemente mayores en el Sur que en el Norte, es decir, la intensidad sísmica ha declinado con mucho mayor rapidez en la última direccion que en la primera. Saliendo de los bordes de la rejion pleistosística i siguiendo la línea de costa hácia el Sur, hai que ir hasta Ancud i Puerto Montt para encontrar la isosista IV, al paso que en la direccion opuesta, la encontramos ya en Tongoi i Coquimbo, es decir en la cuarta parte de la distancia anterior. Tratando de esplicar esta diverjencia se podria suponer que la configuracion jeneral del terreno ejerce una influencia determinante en la distribucion de la enerjía sísmica. Es proba-

ble que en el Norte los numerosos cordones trasversales que se estienden desde la alta Cordillera hasta las mismas playas del Pacífico, produciendo un relieve mui variado, obstaculizan con sus masas gruesas de roca que alternan continuamente con valles trasversales interpuestos, la propagacion uniforme de la intensidad sísmica debilitándola a la vez. En cambio, en la rejion del Sur la configuracion del terreno es mucho mas simétrica i homojénea, tanto en la zona del litoral llenada por los cordones lonjitudinales de la Cordillera de la Costa, como en el interior donde se estiende la larga faja del llano central, siendo ámbos accidentes favorables a una propagacion de las vibraciones del suelo continuada uniformemente por largas distancias.

La comparacion del curso de las isosistas inferiores a IV en los dos estremos de la rejion macrosísmica es imposible, por no haber datos sobre la parte austral.

En el Norte, la isosista III sigue por un trecho mui largo la direccion de la costa, uniendo los puertos de Huasco, Chañaral, Taltal e Iquique. Solo se nota un desvío considerable hácia el interior en las latitudes de Antofagasta i Tocopilla, siendo probable que la constitucion rocosa del litoral en que se hallan dichos pueblos fué la causa de haber quedado ellos casi completamente eximidos de todo efecto de la perturbacion sísmica.

## V. LA HORA DE PRINCIPIO DE LOS MOVIMIENTOS

Al hacer el ensayo de fijar con exactitud la hora del comienzo de las vibraciones sensibles producidas por el terremoto, tropezamos con dificultades casi insuperables, tanto en la parte central del pais, en Santiago i Valparaiso, como en las rejiones periféricas.

En cuanto a Santiago, el Observatorio Nacional no posee ningun aparato sismográfico que inscriba la hora, así que nos vemos reducidos a utilizar las indicaciones de personas que hicieron observaciones con buenos cronómetros. Aceptando las anotaciones que nos han sido comunicadas por el señor Krahnass, empleado del Observatorio, resultan las

$7^h 58^m 36^s$ P. M. del dia 16 de Agosto como hora de principio en que las vibraciones del suelo se hicieron perceptibles a las personas. Segun comunicacion del señor Greve, astrónomo del mismo Observatorio, este resultado solo difiere en segundos del obtenido por él en su domicilio, observando un cronómetro de bolsillo. (1)

Respecto de Valparaiso, la inseguridad es bastante grande. El señor capitan Middleton comunica las siguientes horas, tomadas en distintos establecimientos de ese puerto en que cree que se puede tener confianza:

| | | |
|---|---|---|
| Relojería Kauffmann (péndulo compensador). | $7^h 56^m$ | P. M. |
| Relojería Schwab..... | $7^h 56^m$ | » » |
| Relojería Klickmann..... | $7^h 55^m$ | » » |
| Convento de San Francisco (Baron)..... | $7^h 55^m$ | » » |
| Convento de los Jesuitas..... | $7^h 55^m$ | » » |
| Seminario..... | $7^h 55^m$ | » » |
| Iglesia de los Padres Franceses..... | $7^h 56^m$ | » » |

Haciendo la reduccion a la hora de Santiago que difiere de la de Valparaiso en $3^m 50^s$, resultaria una hora comprendida entre $7^h 58^m 50^s$ i $7^h 59^m 50^s$, lo que significaria un atraso comprendido entre $14^s$ i $1^m 14^s$ en comparacion con la hora observada en Santiago.

Creemos, sin embargo, que, a causa de la vaguedad relativa que afecta la determinacion de la hora de Valparaiso, seria aventurado sentar como un hecho comprobado el de que los movimientos sísmicos se hayan sentido en la capital ántes que en Valparaiso.

Conviene tomar nota aqui de un dato recojido por el señor Lorenzo Sundt en Casablanca, el cual pone de manifiesto la casi completa simultaneidad del principio de los movimientos en ese pueblo i en Valparaiso. La señora de un abo-

(1) Hai indicaciones recibidas en el Observatorio de que una que otra persona en los alrededores de Santiago haya sentido las vibraciones del suelo cerca de $10^m$ ántes de la hora anotada arriba. Se entiende que es imposible fundar conclusion alguna sobre un dato tan poco preciso.

gado de Casablanca estaba hablando por teléfono con una amiga de Valparaiso, i las dos a un tiempo pronunciaron la palabra «tiembla», con lo que quedó interrumpida la conversacion. Como se sabe, Casablanca dista unos 37 kilómetros de Valparaiso i está mas o ménos a medio camino entre aquel puerto i la capital.

Entre las comunicaciones que nos han llegado de las provincias del Norte hai una que merece ser tomada en cuenta especialmente. Los señores Langenstein i Pilk, profesores del Liceo Aleman de Copiapó, indican las $8^h\,0^m\,53^s$ como hora de principio del temblor para aquel pueblo, i respecto del estado del reloj en que se hizo la observacion, dicen: «Tocó la casualidad de que observamos en esta misma noche, como unos $10^m$ ántes del temblor, el paso de una estrella por el meridiano, i segun esta observacion ya habiamos correjido el reloj». Admitiendo la exactitud de esta observacion, resultarian como hora de principio del temblor en Copiapó, reducida a la hora de Santiago, las $7^h\,59^m\,32.4^s$, siendo la diferencia en lonjitud entre Santiago i Copiapó $1^m\,20.6^s$. Tendriamos entónces una diferencia de solo $56.4^s$ entre estas dos estaciones que distan 680 kilómetros entre sí.

Agregando algunas otras indicaciones de hora que por uno u otro motivo nos parecen dignas de ser tomadas en consideracion, hemos formado el cuadro siguiente:

PRINCIPIO DE LAS VIBRACIONES SENSIBLES

| Localidad | Hora media local | Hora media de Santiago | Observaciones |
|---|---|---|---|
| Ancud.. | $7^h\,55^m$ | $8^h\,7^m\,48^s$ (1) | Segun cálculo de los PP. Jesuítas del Seminario de Ancud. |

(1) Hemos tomado la lonjitud de Ancud (73° 51' 15" O. Gr.) del «Plano de la bahía de Ancud, Canal de Chacao i Golfo de Quetalmahue», levantado por la Comision Hidrográfica de la cañonera *Pilcomayo* en 1899.

| Localidad | Hora media local | Hora media de Santiago | Observaciones |
|---|---|---|---|
| Concepcion . . . | | 7 55 | Hora marcada por los relojes del ferrocarril i telégrafo del Estado que es la hora de Santiago. |
| Talca . . . . . | | 7 56 | |
| Curicó. . . . . | | 8 3 | |
| San Fernando. | | 8 1 15 | |
| Santiago . . . . . | | 7 58 36 | Véase arriba. |
| Valparaiso . . . | | 7 59 20ap. | |
| Coquimbo. . . . . | 7 55 | 7 57 39 (1) | Segun el reloj a bordo del *Abtao*, arreglado por observaciones hechas en la estacion horaria a bordo. |
| Carrizal Bajo. . | 8 1 | 8 3 10 (2) | Hora tomada por el señor Juan King, en un reloj de bolsillo arreglado el dia anterior, segun observacion del sol en el meridiano. |
| Copiapó . . . . . | 8 0 53 | 7 59 32.4 | Véase arriba. |

La gran discrepancia de las indicaciones de hora entre puntos poco distantes entre si i situados mas o ménos en condiciones idénticas del terreno, se demuestra en el cuadro anterior, comparándose, por ejemplo, los datos relativos a Talca i Curicó, pueblos que distan sólo unos 60 kilómetros uno del otro, anotándose, sin embargo, una diferencia de $7^m$ para el comienzo del temblor. Mayor aun es la confusion que reina en las indicaciones respecto de algunos puntos de la rejion setentrional. Compárense, por ejemplo, las siguientes:

(1) La diferencia de hora entre Coquimbo i Santiago es de $2^m$ $38.8^s$ segun el *Annuario del Observatorio Astronómico Nacional de Santiago.*

(2) Aceptamos la lonjitud de 71° 11' 57", calculada para el pueblo de Carrizal Bajo, por el profesor Schoeberle. (Comunicacion del señor King).

| Localidad | Hora media local | Hora media de Santiago |
|---|---|---|
| Puerto de Coquimbo, a bordo del *Abtao* . . . | $7^h\ 55^m$ | $7^h\ 57^m\ 39^s$ |
| Punta Tortuga, faro, en las inmediaciones de Coquimbo (1) . . . . | 8 3 | 8 5 49 |
| Hacienda Santa Ana, a poca distancia al SE. de Coquimbo (2) . . . . | Primer sacudimiento: 7 48 | 7 50 39 |
| | Segundo sacudimiento: 8 2 | 8 4 39 |

Se vé que aun, suponiendo que el primer sacudimiento anotado en la hacienda Santa Ana no se hubiera percibido en el puerto vecino, resulta una diverjencia de mas de $8^m$ en los datos relativos al recinto de una misma bahía.

De la rejion macrosísmica al oriente de Los Andes, provienen los datos siguientes:

COMIENZO DE LAS VIBRACIONES

| Localidad | Hora de Córdoba | Hora de Santiago |
|---|---|---|
| | ($\lambda = 4^h\ 16^m\ 48^s$ O. Gr.) | ($\lambda = 4^h\ 42^m\ 46.4^s$) |
| Pilar . . . . . | $8^h\ 25^m\ 2^s$ (3) | $7^h\ 59^m\ 3.6^s$ |

(1) Comunicacion del señor José Moron que estaba a cargo del faro i estacion meteorolójica de Punta Tortuga. Dice que hizo la observacion en el reloj «que es de compensacion i estaba arreglado al puesto del sol».

(2) Comunicacion del señor Guillermo L. Brown que dice respecto de la observacion: «La hora era tiempo medio, obtenido por la hora del *Abtao* en Coquimbo. Fué en ese dia por la mañana comparada la hora».

(3) Segun la anotacion de un péndulo horizontal de Milne, habiendo precedido una vibracion preliminar de $9.7^m$ de duracion.

| Localidad | Hora de Córdova | Hora de Santiago | |
|---|---|---|---|
| San Juan..... | 8 30 | 8 4 | Descuidando los segundos por ser solo indicaciones aproximadas. |
| Mendoza..... | 8 33 | 8 7 | |
| Villa Mercedes. | 8 45 | 8 19 | |

Hemos hecho la reseña anterior con el propósito de juntar material estadístico para el estudio del punto que está en cuestion. Pero una simple ojeada a los resultados de las observaciones apuntadas basta para comprender la imposibilidad de utilizarlos para la investigacion de ciertos elementos importantes, como son la ubicacion del epicentro o la determinacion de la velocidad en la propagacion de las ondas sísmicas.

Elijiendo entre los datos mencionados solamente los tres que con toda probabilidad pueden considerarse como fidedignos, es decir, los correspondientes a Santiago, Copiapó i Pilar, i comparando las indicaciones de hora respectivas, resultaria que en el triángulo formado por esos tres pueblos, que distan entre sí 680, 700 i 800 kilómetros, la conmocion sísmica ha comenzado a hacerse sentir con ménos de 1 minuto de diferencia de hora.

Limitándonos a la rejion al occidente de la Cordillera donde se debe buscar en todo caso la zona epicentral del terremoto, a juzgar por la naturaleza e intensidad de los movimientos, ese resultado quedaria conforme con la idea de un terremoto «lonjitudinal», orijinado por perturbaciones tectónicas en la costra terrestre que produjeron la solucion de tensiones i los sacudimientos correspondientes *casi simultáneamente* en una gran estension del territorio. Las indicaciones respecto de las horas del comienzo de las conmociones terrestres, al parecer del todo incompatibles entre sí, confirmarian entónces el resultado a que llegamos en el estudio sobre las direcciones, carácter e intensidad de los movimientos.

## VI. MOVIMIENTOS ESTRAORDINARIOS DEL MAR. — CAMBIOS DE NIVEL EN LA COSTA

Uno de los puntos que despiertan un interes especial en el estudio de las grandes conmociones sísmicas que de vez en cuando han afectado el territorio de Chile, son las complicaciones aparentes de los movimientos que se producen en tierra firme con ajitaciones mas o ménos estensas i violentas de la vecina masa oceánica. En efecto, la estadística sismolójica de Chile que remonta hasta el siglo XVI, demuestra que de cuarenta i nueve terremotos hai por lo ménos diecinueve de los cuales se sabe que han estado acompañados de grandes flujos i reflujos del mar, (1) que eventualmente produjeron catástrofes mas perniciosas que los sacudimientos en la parte continental.

Vamos a reseñar ahora las observaciones hechas respecto de este punto a ocasion del terremoto del 16 de Agosto pasado.

Principiando en la seccion meridional de la costa, es decir la parte estendida desde el estremo Sur del continente hasta la punta Lavapié a la entrada de la bahía de Arauco, las noticias estan unánimes en negar cualquier movimiento estraordinario del mar relacionado con el temblor. Hai que advertir, sin embargo, que la observacion de semejante fenómeno sin duda habria sido dificultada en muchas partes por las condiciones locales del tiempo, refiriéndose, por ejemplo, que en las costas de Valdivia hubo, en la fecha del temblor, mar gruesa i mui ajitada a causa de un fuerte temporal del Norte.

Al contrario, en algunos puertos del interior de la bahía

(1) Goll, "Die Erdbeben Chiles", pajs. 69 i 83. La proporcion es algo inferior a la que resulta de la estadística sismolójica del Japon, donde de los cuarenta i siete terremotos ocurridos en el lado del archipiélago que mira al Pacífico i contados desde el siglo quinto de la era cristiana, veintitres eran acompañados de mareas sísmicas. (Bull. Am. Geogr. Soc. 1905, nr. 4, páj. 217.

de Arauco, se notaron ciertos movimientos estraños del mar, independientes de los vientos i mareas ordinarias.

El subdelegado marítimo de Coronel informa que, despues del temblor, se produjo en aquel puerto un «oleaje alto sin viento»; i el señor Juan Jones, residente en el mismo punto, agrega que, aunque la noche del 16 era mui apacible i sin que soplara la mas suave brisa, el mar se ajitó mucho, «levantándose olas enormes que producian un estruendo ensordecedor. Pudimos notar esto mui bien, pues nuestra casa está cerca del mar, en terreno plano i arenoso».

El informe del gobernador de Arauco habla de «ciertos movimientos» que se notaron en el mar a la fecha del temblor, pero no da ningun dato mas preciso sobre el particular; en cambio otro informante, vecino del mismo pueblo, menciona precisamente como rasgo característico del estado del mar, el que desde la fecha del temblor «parece mas tranquilo que de ordinario».

Pasando en seguida al recinto de la bahía de Talcahuano, nos encontramos con los primeros datos inequívocos acerca del flujo i reflujo de una marea estraordinaria, producida algun tiempo despues de los choques mas violentos del terremoto.

Del conjunto de los informes remitidos por el capitan de puerto, rector del liceo i jefe del telégrafo del Tomé, resulta que en el momento del temblor mismo, el mar se mantuvo en tranquilidad; pero a las $8^h$ $15^m$, o sea mas o ménos un cuarto de hora despues (segun otra informacion solo una hora despues), principió a retirarse por unos cincuenta metros, para volver a ocupar en seguida su lugar con toda suavidad. «Estas retiradas se repetian en las mismas condiciones tres o cuatro veces, siendo las dos últimas las mayores, pues alcanzaron a sesenta metros». Hai que tomar en cuenta, sin embargo, como lo hace notar el informe del capitan de puerto, que, a la hora de producirse ese fenómeno, la marea era mui baja i que, si ha habido algun movimiento estraordinario, fué de escasa consideracion.

Igualmente se comprobó una salida del mar en Penco, que

comenzó algun tiempo (segun datos de la prensa unas dos horas) despues del temblor, alcanzando los flujos i reflujos mas o ménos las mismas proporciones que las observadas en Tomé. La ola llegó hasta el vecino terraplen de la línea ferrea i pasó por las alcantarillas mas hácia el interior; pero en jeneral el fenómeno, aunque produjo alarma entre los vecinos que empezaron a refujiarse en los cerros, fué pasajero, pues, segun afirma un informante, el mar volvió a su estado normal «en ménos de diez minutos».

En el litoral de las provincias de Maule, Talca i Curicó, se han presentado tambien algunos fenómenos que hacen presumir una ajitacion estraordinaria del mar, relacionada talvez con el terremoto.

El gobernador marítimo de Constitucion afirma que, despues del tercero de los choques sísmicos percibidos en aquel puerto, o sea «a las 8h 7m P. M., se produjo en toda la costa comprendida dentro de la jurisdiccion de esta gobernacion, un flujo i reflujo de mar que, segun cálculos aproximados, llegó a una altura mayor de un metro a lo observado hasta esa fecha». Dicho movimiento de las aguas produjo tambien una perturbacion considerable en la corriente del rio Maule, acerca de lo cual el rector del liceo de Constitucion informa como sigue: «A las nueve i media de la noche del 16 se notó en el rio Maule una gran ola o resaca que levantó el nivel de la corriente una vara mas o ménos, (1) i minutos despues otra que llegó como hasta a un metro de altura i que hizo temer a los habitantes una salida de mar. En los dias anteriores al terremoto habia habido un fuerte temporal, i esa misma noche se produjo la mayor corriente i bajó la mayor cantidad de agua. Se estima la velocidad de la corriente en nueve o diez millas, i a la resistencia opuesta por el gran caudal de agua i la fuerza de la corriente se atribuye que impidiera no subiera mas».

La ajitacion del mar fué acompañada de ruidos estraños

(1) Se notan pequeñas diferencias entre estas indicaciones i los datos recojidos por los miembros de la comision durante su visita de aquel puerto.

que llamaron la atencion de varios observadores. El jefe del telegrafo de Buchupureo refiere que se oyeron durante varios dias, desde el terremoto, ruidos sordos en el mar; en Putú se notó que, despues del temblor, el mar estuvo ajitadísimo i «mui sonador»; i en Curepto «el estruendo del mar se oyó con violencia durante toda la noche del 16, a pesar de estar a seis o siete leguas de distancia». El señor Leigh Bunster que observó el estado del mar en el puerto de Llico, dice: «Durante el terremoto el mar parecia que hervía, i por muchos dias despues tenia un ruido mui feo, bronco, i a intervalos como esplosiones. Hasta ahora (e. d. fines de octubre) suele notarse, sobre todo de noche, el mismo fenómeno, aunque ménos pronunciado». Otro informante afirma tambien que «en el mar se paralizaron las olas i el movimiento del agua fué un hervidero en forma de borbollon, durante una hora i media mas o ménos.» (1)

En las costas correspondientes a las provincias de Colchagua, Santiago, Valparaiso i Aconcagua, donde en la parte de tierra firme el terremoto desplegó su mayor intensidad, el mar no ha sido afectado por ajitaciones estraordinarias. Por el contrario, en varios puntos de ese litoral, como en la misma bahía de Valparaiso, llamó la atencion la gran tranquilidad del mar en los momentos precisos de la catás-

(1) Rejistramos aquí, aunque sin emitir juicio sobre ellos, algunos datos relativos a una supuesta erupcion volcánica submarina que hubiera tenido lugar, en la fecha del terremoto, en las rejiones vecinas del océano, i cuyos resplandores habrian sido visibles desde algunos puntos de la costa. El señor Guillermo Azóca, de Putú, refiere que «despues del terremoto se vieron grandes luces por el lado del mar, como cuando está en erupcion un volcan.» Segun comunicaciones del doctor Martin, los pasajeros de un vapor que pasó algunos dias despues del terremoto por esta costa, vieron, estando en la altura de San Antonio i Cartajena mas o ménos, un resplandor amarillo, mui marcado i constante, en el horizonte occidental, atribuyendolo a la actividad de un volcan sub-marino, ya que no podia ser ni el resplandor de un astro ni de un buque incendiado.

Datos parecidos fueron recojidos por los miembros de la Comison entre los vecinos de Llico, creyéndose aun haber descubierto la formacion de una isla baja o banco nuevo antepuesto a cierta distancia a la costa. Desgraciadamente fué imposible comprobar la exactitud de esas indicaciones.

trofe, si bien se descompuso despues, hasta llegar al estado de «braveza», pero sin flujos i reflujos inusitados.

Mas o ménos lo mismo se puede decir respecto del estado del mar en toda la línea de costa que sigue de aqui al Norte, a juzgar por las informaciones de que disponemos. He aqui algunas de ellas:

| Localidad | Informante | Estado del mar en la fecha del terremoto o poco despues. |
|---|---|---|
| Tongoi | El capitan de puerto | «El terremoto fué aqui de poca consideracion. El mar mui tranquilo, las altas mareas han sido mas suaves que los años anteriores, los vientos de costumbre: Nortes A. M. i Sures P. M., de regular fuerza. Los pescadores me dicen no haber esperimentado nada, ni ántes ni despues de esta fecha, que han tenido mar mui tranquilo». |
| Coquimbo | El jefe de faro (Punta Tortuga) | «Braveza de mar». |
| | El señor Holmgren (a bordo del «Abtao») | «Movimiento estraordinario en el mar no hubo». |
| | El señor A. Valdés S. | «Movimiento del mar no hubo». |
| La Serena | El señor Osandon | «El mar estuvo tranquilo durante la noche que siguió al terremoto i lo mismo sucedió en los dias siguientes.» |
| Totoralillo | El subdelegado marítimo | «Movimientos no se han notado en el mar ni en la línea de la costa». |

| Localidad | Informante | Estado del mar en la fecha del terremoto o poco despues. |
|---|---|---|
| Huasco..... | El jefe del telégrafo | «Mar relativamente tranquilo i la noche en calma». |
| Caldera.... | El jefe del faro | «Estado del mar: Estaba tranquilo, pero despues del temblor sobrevino braveza regular que duró toda la noche. Dias ántes del temblor hubo recios vientos del Sur.» |
| Taltal..... | El señor Palacios P. | «El mar ha sufrido una pequeña descomposicion; pero como esta ha coincidido con la reunion de Vénus, la Luna, Neptuno en una misma constelacion (?), talvez solo sea la braveza efecto de la posicion de estos planetas». |
| Mejillones .. | El jefe del telégrafo | «Mar tranquilo». |
| Iquique..... | El jefe del faro | «El mar estuvo todo el dia ajitado en 2.º grado». |
| Junin..... | El subdelegado maritimo | «El dia 17 el mar se notó un poco ajitado i con corriente del Sur, lo que significa que viene braveza. Esta se declaró en la tarde del mismo día con bastante fuerza i duró hasta el 22 inclusive, fecha en que disminuyó casi de golpe a buen tiempo. Segun datos del práctico de la |

| Localidad | Informante | Estado del mar en la fecha del terremoto o poco despues |
|---|---|---|
| | | bahía se han notado en algunos dias despues del 16 fuertes corrientes encontradas, pues el mar se nota como de agua hirviendo». |
| Pisagua ... | El jefe del telégrafo | «El mar permaneció tranquilo». |

Del conjunto de datos que acabamos de juntar se desprende que en jeneral, las ajitaciones estraordinarias del mar que acompañaron el terremoto del 16 de Agosto, fueron escasas, tanto con respecto a la estension de la costa en que tuvieron lugar, como por las proporciones del movimiento mismo i los efectos producidos en el litoral. Aun parece apenas permitido caracterizar el movimiento como verdadera «marea sísmica» en el sentido de movimientos repetidos de retroceso i avance alternativos en toda la masa del océano vecino. Las fluctuaciones estraordinarias observadas en la bahía de Talcahuano i en las costas de las provincias de Maule hasta Curicó, nos hacen mas bien la impresion de fenómenos locales, producidos talvez por perturbaciones submarinas accidentales ocurridas en alguna parte de los afueras del océano.

Conviene recordar aquí que, segun las prolijas investigaciones del profesor E. Rudolph (1) es insostenible la opinion antigua de que las mareas sísmicas deban su orijen a los efectos perturbadores producidos sobre la masa océanica por las ondas sísmicas de un temblor, cuyo epicentro está situado en una costa vecina o a poca distancia de ella en el continente. El sabio citado establece en cambio la doctrina de

(1) «Ueber submarine Erdbeben und Eruptionen» (Beiträge zur Geophysik I, 1887, páj. 226).

que las llamadas olas o mareas sísmicas provienen siempre de erupciones volcánicas sub-marinas; i aun en los casos de algunos terremotos, cuyo oríjen tectónico queda fuera de duda, como el ocurrido en Japon el 23 de Diciembre de 1854 i en Bengala el 31 de Diciembre de 1881, esplica los movimientos de flujo i reflujo del mar que los acompañaron, por erupciones volcánicas secundarias en las rejiones océanicas vecinas.

Aunque la teoría de Rudolph no encuentra la aceptacion universal de los sismólogos, porque parece fuera de duda, que en las rejiones costaneras de poca profundidad una conmocion violenta de la tierra firme debe producir inmediatamente una ajitacion correspondiente en las capas océanicas colindantes, sin embargo hai motivo de creer que en la costa de la parte central i Norte de Chile, donde el declive sub-marino del zócalo continental es sumamente rápido, solo una dislocacion tectónica producida en el fondo mismo del mar o una erupcion sub-marina serian capaces de dar oríjen a las poderosas fluctuaciones de toda la masa océanica conocidas con el nombre de mareas sísmicas. En cuanto al terremoto del 16 de Agosto, la tranquilidad del mar observada precisamente en la parte de la costa que corresponde a los mas violentos sacudimientos de la rejion continental inmediatamente vecina, parece que viene en apoyo de aquella teoría. La esplicacion de los fenómenos notados en ciertas partes de las costas del Sur debiera buscarse entónces en alguna perturbacion sub-oceánica, relacionada probablemente de algun modo con el terremoto, pero de cuya naturaleza no se podrian hacer o avsinags suposiciones.

*
* *

Con los terremotos que ajitan, de vez en cuando, el litoral chileno, se relaciona, fuera del problema de las mareas sísmicas, otro, de carácter jeo-tectónico, en cuya discusion varios sabios de gran renombre han emitido opiniones mui encontradas: a saber, el problema de solevantamientos brus-

cos, aunque de proporciones medianas, de la costa continental, verificados al parecer en conexion inmediata con las perturbaciones sísmicas.

Al tratar de este punto, principiaremos con una reseña de todas las informaciones que ha sido posible obtener sobre el particular, en el caso del terremoto del 16 de Agosto.

Basta una ojeada rápida sobre esos materiales, para convencerse que hai solamente una rejion mui determinada en que existe la probabilidad de ciertos cambios de nivel de la costa, quedando exentos de todo vestijio de ese fenómeno la zona austral, desde la latitud de 35°, mas o ménos, hácia el Sur, i la zona setentrional, a contar desde el paralelo de 31° 30', aproximadamente, hácia el Norte.

Seria repetir siempre la misma cosa si quisiéramos rejistrar aquí las informaciones de las autoridades marítimas de los puertos de ámbas zonas, consultadas al respecto por la Direccion del Territorio Marítimo de Valparaiso. Todas ellas, sin escepcion, afirman que segun sus propias observaciones i datos tomados a los pescadores, jente de mar i otras personas que trajinan continuamente en la costa, no se han notado cambios de nivel en las orillas, o alteraciones en las profundidades del mar o en la posicion de las rocas e islas vecinas.

El punto mas meridional de donde provienen noticias acerca de ciertas modificaciones del límite entre mar i tierra, es Llico, puerto situado en el departamento de Vichuquen a la boca del canal de desagüe de un lago que da nombre al departamento. Debemos las informaciones principales—que fueron confirmadas, ademas, por los miembros de la Comision que visitaron esta rejion—al señor Edwin Leigh Bunster, quien se espresa sobre el particular como sigue:

«No podria decir que se han notado cambios en la línea de la costa, pero los siguientes hechos me dan la impresion de que ha habido *solevantamiento:* 1.° Los vados que tiene el canal han quedado todos a ménos de la mitad de la hondura que tenian el dia ántes del terremoto, diferencia que calculo en 40 centímetros. 2.° Varios bancos de arena, tanto

en la boca de la laguna como en el canal, en el mar mismo i en la laguna misma, que ántes quedaban a flor de agua en baja marea, aparecieron fuera unos 40 centímetros al dia siguiente. 3.º Una lancha que hace dos años se me fué a pique cerca de la desembocadura del canal al mar i que en baja marea solo se veia unos 10 centímetros de la borda, hoi, en baja marea, tambien se la divisa no ménos de 25 centímetros, i el banco de arena que la rodea queda bien en seco, tanto que ahora tengo probabilidades de poder estraerla, lo que ántes me era imposible con los elementos de que puedo disponer».

En el trecho de costa que sigue mas al Norte, especialmente entre Cahuil i Pichilemu, se presentan tambien indicios de modificaciones recientes a consecuencia del terremoto. La tenencia de aduana de Pichilemu informa a este respecto que la linea de la orilla parece haber sufrido un solevantamiento de $2^1/_2$ a 3 metros mas o menos, pues «los mariscadores esponen que una piedra que ellos denominan «El Diamante» i que siempre ha permanecido debajo de las aguas, hoi se eleva sobre la superficie de estas hasta una altura de un metro, permitiendo esta circunstancia notoria estraer gran cantidad de mariscos a los buzos i pescadores».

Agregamos a esto algunos extractos de una descripcion relativa a los efectos notables producidos por la aparente oscilacion de esta parte de la costa, que hallamos en un diario de Santiago, firmada por I. M. C. R. Dice así:

«Lo mas digno de notarse entre los efectos producidos por el terremoto, son, sin duda ninguna, los cambios habidos en la costa i especialmente en la laguna de Cahuil. El mar se retiró como nunca en las mas bajas mareas, dejando en poder de los costeños los codiciados despojos, en aquella abundancia que es de suponer. Los que conocen la parte de costa que hai entre Pichilemu i Cahuil, pueden formarse idea de la bajamar, teniendo presente que las mujeres podian entrar sin peligro ni dificultad, a recojer erizos hasta unas rocas que hai mas allá de las «Piedras de los Lobos», las cuales ordinariamente no aparecen a flor de agua.

Por lo que toca a la laguna de Cahuil, la jente que vive en la parte Sur, donde entra el estero o rio Nilahue en dicha laguna, notó en la mañana del 17 de Agosto que toda la llanura por medio de la cual corre el Nilahue, amaneció cubierta, de cerro a cerro, por las aguas como en las mayores avenidas. Los riberanos atribuyen aquella abundancia de agua a la lluvia del dia precedente; pero, por lo que se vió despues, parece lo mas acertado asegurar que eso no fué sino el resultado del levantamiento de la costa, que en un principio debió hacer retroceder las aguas del Nilahue i las de la laguna de Cahuil.

Lo cierto es que la laguna se vió reducida por aquellos dias a un angosto canal o barranca cubierta de agua, por donde se habia recojido i se precipitaba al mar el agua que ántes la formaba; eso da una idea del notable levantamiento de la costa en aquella parte.

La pesca en la laguna se hizo imposible i mui difícil el atravesarla, por haber quedado interpuesta entre la antigua orilla i los botes, una gran estension de fango pantanoso. Si hubiera durado este estado, no solo se habrian agotado la mayor parte de las provisiones de pescado para los veraneantes de Pichilemu, sino que se habrian acabado tambien las salinas que hermosean i enriquecen las riberas de la laguna.

Felizmente, el agua fué poco a poco, insensiblemente, volviendo a ocupar sus antiguos dominios. Dicen que despues del temblor del 20 de Setiembre, han quedado las cosas como antes del terremoto, si bien los pescadores se quejan de que la laguna haya quedado con honduras, donde se les escapan los peces por debajo de las redes, al hacer la «barrida». Ese descenso insensible i gradual de la costa hasta ocupar su antigua posicion con relacion a las aguas, ¿es el efecto de esa serie de sacudimientos que se han sentido en la costa con mayor intensidad que en Santiago i que han mantenido atemorizados a los costeños hasta ahora?»

Para la rejion que sigue inmediatamente al Norte de la desembocadura del rio Maipo no tenemos sino datos inseguros.

Las autoridades marítimas de San Antonio se espresan dudosas: «Aunque es posible que hayan variado las profundidades, no hai ningun dato para afirmarlo». El señor Sundt, miembro de la Comision que visitó esta parte de la costa, no pudo recojer tampoco ningun dato comprobatorio sobre alteraciones en el nivel del mar. En Algarrobo, los pescadores preguntados al respecto, contestaron al principio negativamente, pero en el curso de la conversacion dijeron que el mar estaba ahora talvez un poco mas bajo que ántes del terremoto, ya que el pescado escaseaba desde esa fecha, estando ellos obligados a ir varias leguas mas al Norte para atender a su oficio. En Cartajena no hai tampoco indicios seguros de cambios en el nivel de la orilla.

En cambio existen en el recinto de la bahía de Valparaiso varios puntos donde los conocedores de los detalles topográficos de la orilla creen haber notado alteraciones del nivel de las aguas desde la fecha del terremoto. El señor Julio Fonck envió a la Comision una comunicacion sobre el particular, i el señor Sundt, en su segundo viaje a la costa, pudo comprobar, acompañado por el señor Fonck, que a unos 200 metros al Oeste del muelle del Matadero o Portales, se ve ahora sobre las rocas una faja blanca, compuesta de pequeños ejemplares de picos *(Balanus)* i de una alga de la familia de las *Corallinaceas*, (1) formando una marca natural mui visible que en tiempo de la baja marea queda en descubierto hasta unos dos piés mas abajo, miéntras que ántes del terremoto no se divisaba, lo que confirman tambien el administrador del muelle i el jefe del resguardo de la Poblacion Portales. Este último empleado que observa la línea de costa desde 18 años, señaló ademas una roca que ahora asoma con su cúspide en las mareas mas bajas, siendo invisible ántes del terremoto. La misma faja blanca de moluscos i algas adheridos a las rocas, con un ancho de un pié mas o ménos, se nota tambien en la caleta de Membrillo i en otros puntos de la bahía donde

(1) Segun la determinacion del señor Federico Philippi, comunicada al señor Sundt.

el mar baña el pié de los ramales de las serranias vecinas.

Hai que atribuir a estas observaciones una importancia especial, por estar hechas en puntos donde el límite entre mar i tierra, en las líneas de alta i baja marea, está determinado claramente en los declives rocosos de la costa continental. En cambio, es mucho mas difícil encontrar pruebas de cambios efectivos i duraderos de nivel en estensas playas bajas o en partes, donde la línea de las mareas corre en terrenos movedizos de arena i fango, espuestos fácilmente á trastornos locales a consecuencia de una conmocion sísmica. No nos parece, por consiguiente, que se puedan considerar como comprobatorios de un solevantamiento ciertos cambios de nivel de las mareas que se han señalado en el muelle de pasajeros de Valparaiso, en el muelle de la Poblacion Vergara i en otros puntos de fondo arenoso i fangoso de la bahía.

Al llegar a la costa del departamento de La Ligua volvemos a encontrar indicios de alteraciones en la línea de la orilla del mar. El subdelegado marítimo de Zapallar dice a este respecto: «En los límites de esta subdelegacion que lo es desde la desembocadura del rio Ligua por el Norte hasta la bahía de Horcon por el Sur, todos los que conocemos esta costa estamos de acuerdo que ha habido con el terremoto del 16 de Agosto un levantamiento en toda ella no menór de 80 centímetros.» Esta indicacion es apoyada por observaciones de otras personas que conocen desde varios años los detalles de la bahía de Zapallar i sus alrededores, confirmando todos ellos que ciertos grupos de rocas antepuestas a la playa han cambiado su posicion relativa a las mareas, siendo ahora posible llegar hasta ellas casi a pié enjuto aun en las mareas altas, miéntras que ántes el mar las bañaba, aun en las mareas bajas, por todos los lados.

Uno de los mejores conocedores de la vecina bahía de Papudo, don Otto Harnecker, ha publicado, con fecha 31 de Octubre, en el diario aleman de Valparaiso un interesante artículo del cual extractamos los pasajes siguientes:

«Desde el 25 hasta el 30 de Octubre visité la costa de Papudo i Zapallar, cuyo solevantamiento queda fuera de duda.

La costa de Papudo me es bien conocida desde hace 23 años; la visito todos los años para pescar, siéndome por eso familiar cada roca i pequeña caleta. La primera impresion fué la decisiva, pareciéndome la orilla del mar como si hubiera continuamente marea baja. Veamos primero lo que dice la jente. Los pescadores i demas habitantes de la costa confirman todos unánimemente que «el mar se ha retirado»; «el mar ya no llena como ántes»; «para mariscar hai que entrarse mas adentro»; «en marea baja se ve la quilla de un buque náufrago hacen treinta años i que ántes nunca se veia.» Algunas rocas que ofrecian ántes en todo tiempo hondura suficiente para pescar con anzuelo, han perdido esta ventaja para el pescador; otras que se podian alcanzar solamente en las mareas bajas, ahora son accesibles sin peligro aun en las mareas altas. A pesar del cielo nublado i de la braveza del mar, el luche se ha secado, habiendo quedado en las rocas fuera del mar, mientras que la faja de los cochayuyos pegados a las rocas debajo del nivel del mar, permanece actualmente el mayor tiempo fuera de agua, entre las líneas de alta i baja marea.... La entrada Sur del puerto está marcada por la pintoresca islita Pite, separada del continente por un canal estrecho a traves del cual las olas se precipitaban a cada tiempo. Ahora lo ví, en tiempo de marea baja, con la superficie de agua completamente tranquila, miéntras rompia el oleaje alto de un fuerte Sur en las rocas solevantadas que cierran o dificultan ahora la entrada meridional. En el canal mismo la faja de cochayuyos en estado de secarse era una prueba valiosa de que el mar ya no alcanza a la altura de ellos».

Pasada la desembocadura del rio Ligua hácia el Norte, se hacen mas raros los vestijios manifiestos de una oscilacion de la línea de costa. Segun el informe del subdelegado marítimo de Pichidangui, se nota que desde el 17 de Agosto «las bajas mareas son mucho mayores que ántes, lo que hace creer que hubo cierto movimiento en la tierra, aunque ya se va normalizando. (El informe data del 12 de Octubre). En las altas mareas no se notó cambio alguno, son enteramente

iguales. Creo yo i demas hombres de mar que no ha habido cambios en el fondo del mar, ni en islotes, ni bajos.» Sin embargo, el teniente de aduana de Los Vilos comunica que «despues del terremoto del 16 el mar se encuentra mas abajo i mas retirado de la playa. Los pescadores de aqui a una voz lo confirman».

---

El conjunto de los datos apuntados, apénas puede dejar duda alguna acerca de la efectividad de un cambio de nivel habido en toda la estension de la costa desde la desembocadura del rio Mataquito hasta la del Choapa, o sea en un trecho que corresponde mas o ménos a la rejion en que los movimientos sísmicos alcanzaron a los grados mas altos (VII a X) de intensidad.

Seria difícil, en vista de la falta de mediciones precisas, determinar con exactitud la diferencia de nivel producida en dicho cambio; parece, sin embargo, que en la parte Norte del trecho de costa afectado, la oscilacion ha sido mayor que en la parte Sur. A lo ménos resultaria eso de una comparacion de las dos indicaciones que consideramos las mas fidedignas sobre el particular, a saber, las que se refieren a Llico (40 cm.) i a Zapallar (70 a 80 cm.), dejando a un lado, como apreciacion vaga, la indicacion del teniente de aduana en Pichilemu que habla de 2½ a 3 metros de diferencia. En todo caso, la diferencia, aun donde llega a su máximum, queda un poco inferior a la diferencia de nivel que se produce por las marcas ordinarias en Valparaiso i puertos vecinos. Aunque esta circunstancia pueda haber dado fácilmente orijen a equivocaciones en la apreciacion verdadera del fenómeno, creemos que no hai motivo para poner en duda, por eso, el hecho mismo de una oscilacion vertical en el sentido de un solevantamiento de la costa, relacionado con el terremoto.

Talvez podrian surjir dudas cual de las dos partes, el agua del océano o la tierra firme, haya sido la que efectuaba el

movimiento; pero ellas se disipan luego al considerar la poca estension, casi podriamos decir el carácter local, del fenómeno. Si se tratara de un cambio de nivel orijinado por movimiento del elemento líquido, la oscilacion habria tenido que manifestarse al mismo tiempo i con la misma diferencia de altura en el largo entero de la costa continental. Al contrario, la reducida estension i forma desigual en que el fenómeno se ha presentado, indican claramente un movimiento centrifugo, producido de golpe en un trozo de la corteza terrestre.

Es sabido que fenómenos parecidos, observados por algunos testigos de los terremotos de 1822, 1835 i 1837 en las costas de Valparaiso, Concepcion i Valdivia, respectivamente, han sido objeto de importantes discusiones científicas acerca de la cuestion de los solevantamientos de ciertos trozos de la corteza terrestre. No puede ser aquí nuestra tarea de recapitular los detalles de dicha controversia; pero es del caso señalar brevemente las diferentes fases de ella i la importancia de las observaciones relativas al terremoto del 16 de Agosto para esta materia.

Los estudios practicados en la costa de Chile con motivo del terremoto del 20 de Febrero de 1835, dieron a Darwin el primer impulso para uno de sus escritos (1) mas notables que ha hecho época en la historia de las opiniones sobre la formacion i oríjen de las montañas. Segun él, la misma fuerza universal que se manifiesta en los temblores i en las erupciones volcánicas es tambien la que ha producido el solevantamiento de las montañas i de rejiones continentales enteras, cuyas pruebas mas evidentes las encontraba en las antiguas playas marinas, dispuestas en escalones de diferente altura, que rodean la costa actual de la Patagonia oriental i gran parte del litoral del Pacífico.

(1) «On the of connectioncertain volcanic phaenomena in South America and the formation of mountain chains and volcanoes, as the effect of the same power by which continents are elevated.» (Transact. Geol. Soc. V, 1838. p. 601-631).

Casi medio siglo mas tarde, el profesor E. Suess, de Viena, en su obra monumental intitulada «Das Antlitz der Erde», (1) sometió el problema de los levantamientos rapsódicos de la costa de Sud-América nuevamente a un minucioso estudio crítico en que llegó al resultado sorprendente de negar que jamas se hubiera comprobado solevantamiento alguno en dicha costa. Aun en el caso del terremoto de 1835, a cuya consecuencia se observaron considerables oscilaciones de nivel por Fitzroy i otras autoridades competentes, cree que se trata de movimientos pasajeros de la masa oceánica, ajitada por el terremoto pero restablecida en su equilibrio despues de agunas semanas.

Es de notar que Suess es el defensor mas decidido de la teoria que reduce todos los fenómenos tectónicos a fracturas i hundimientos o a compresiones laterales de las capas terrestres como consecuencias del enfriamiento sucesivo del globo, escluyendo completamente la idea de que se efectúen solevantamientos en la corteza firme de la tierra. Alrededor de esta teoria agrupa los hechos, tratando de desvirtuar con sagacidad crítica las observaciones que servian de apoyo a la antigua doctrina de los solevantamientos. Si bien las investigaciones de Suess han tenido el efecto saludable de reducir a su valor verdadero muchas de las supuestas pruebas de movimientos verticales de ciertas partes de la corteza terrestre, sin embargo, su teoria ha encontrado, como era de esperar, mucha oposicion, fundándose sus adversarios, aparte de razones puramente teóricas, precisamente en observaciones inequívocas de ciertas dislocaciones verticales producidas junto con los terremotos en varias partes de la tierra. Para caracterizar el estado actual de la controversia se puede decir que la gran mayoría de los sabios que se ocupan con esta materia, ya no pone en duda que realmente puede haber solevantamientos, es decir, movimientos centrífugos de ciertas porciones de la corteza terrestre, lo mismo que movimientos centripetales o hundimientos; i aun se no-

(1) Vol. I (Leipzig 1883) p. 124-137.

ta cierta tendencia de atribuir a aquellos una participacion mui considerable en la formacion de las altiplanicies i grandes cadenas de montañas.

La comprobacion de la pequeña oscilacion de la línea de costa en el terremoto que estamos estudiando, aporta una contribucion mui valiosa en apoyo de dicha conviccion, i es tanto mas importante cuanto que son mui contados todavia los casos de solevantamiento constatados de un modo directo e incontestable.

Por otra parte, no es talvez aventurado suponer que el mismo movimiento de la corteza terrestre que se ha manifestado en el solevantamiento de la costa, sea el que dió oríjen al terremoto del 16 de Agosto. Evidentemente un desplazamiento vertical en el zócalo del continente, aunque sea de dimensiones aun menores que las comprobadas en nuestro caso, es suficiente para producir en la enorme mole afectada por el movimiento, una trepidacion mui considerable; i se comprende tambien que no hai necesidad de suponer que tal desplazamiento pequeño se dé a conocer como falla o grieta visible en la superficie del suelo. La falta de una línea visible de desplazamiento en la rejion continental pleistosística seguramente no es un indicio contra el oríjen tectónico del terremoto, el cual estaria indicado, a nuestro modo de ver, por las razones siguientes: 1.º, por la falta de un epicentro bien determinado, en cuyo lugar existe una rejion epicentral bastante estensa en que el movimiento sísmico se hizo notar casi simultáneamente i con fuertes sacudimientos verticales; i 2.º, por el solevantamiento de una porcion de la costa correspondiente a la rejion epicentral.

Hai que tener presente, ademas, que la costa occidental del continente sud-americano en la parte correspondiente a Chile setentrional i central, se distingue mui especialmente por la gradiente estraordinaria de su declive oceánico, como se puede ver en el corte adjunto que pasa a lo largo del paralelo de latitud 33º 30', aproximadamente, desde las islas de Juan Fernández hasta la cordillera de los Andes. El descenso del zócalo continental es tan rápido, que

a una distancia de unos 150 kilómetros al Oeste de Valparaiso se encuentran ya profundidades de cerca de 4,000 metros, lo que corresponde a un declive medio de poco ménos de 27 metros por kilómetro; i en la porcion continental del corte, a contar desde el nivel del mar hasta la línea anticlinal de la cordillera, el declive, aunque mas irregular, es en término medio casi el mismo que en la parte oceánica.

Se comprende que en rejiones donde la corteza terrestre presenta desigualdades tan considerables en su relieve esterior i probablemente tambien en la reparticion de las masas en su interior, pueden orijinarse fácilmente torsiones que, por pequeñas que sean, producen necesariamente movimientos violentos en los trozos afectados de la corteza. Aunque despues de todo esto, el orijen tectónico del terremoto del 16 de Agosto puede considerarse como altamente probable, hai que confesar que ignoramos por completo, cual haya sido la fuerza que diera el primer impulso a la perturbacion accidental de las masas. El pronunciarse sobre este punto nos llevaria al terreno de la especulacion que está fuera de los límites de nuestra tarea.