

APÉNDICE.

APÉNDICE.

APUNTES

SOBRE EL TEMBLOR DEL 7 DE JULIO DE 1873

POR

JOSÉ IGNACIO VERGARA.

I.

En la noche del 6 al 7 de julio último, a las 2^h 26^m 20^s de la mañana, nuestra populosa capital fué instantánea i bruscamente despertada por un temblor de tierra cuya intensidad, mui superior a la de los que la visitan con frecuencia, alarmó de tal modo a sus vecinos, que, muchos de ellos, esperaron a cielo descubierto la vuelta del sol.

En la misma mañana, tan luego como principió el servicio de los telégrafos, se supo en Santiago que ese fenómeno se habia hecho sentir tambien, i con mayor fuerza, en Valparaiso, Quillota, San Felipe i otros puntos, i que habia interrumpido en muchas partes las líneas telegráficas, particularmente las del norte, impidiendo así la comunicacion con un gran número de las ciudades de la República, i privándonos de recibir noticias inmediatas sobre los efectos que el temblor habia producido en ellas.

Restablecida, al dia siguiente, aunque de un modo incompleto, la comunicacion telegráfica desde Copiapó hasta Lota, pudimos saber que el sacudimiento se hizo sentir aun mas allá de estos límites i en todos los puntos intermedios con mas o ménos intensidad,

i que en algunas ciudades de las provincias de Aconcagua i de Valparaiso, habia producido considerables estragos.

Tan luego como tuve conocimiento de estos i otros detalles que, segun la clasificacion indicada por don P. del Barrio (1), permiten colocar el temblor del 7 de julio en el catálogo de los terremotos que vienen, de tiempo en tiempo, a conmovier nuestro suelo, reduciendo a escombros algunas de nuestras ciudades e imponiendo el luto a muchas familias, me dirijí al inspector jeneral de los telégrafos del Estado, para que me permitiera ponerme en comunicacion directa con los directores de los observatorios meteorolójicos i otras personas competentes de las provincias que se hallan unidas, entre sí, por alambres telegráficos. Con la autorizacion de ese funcionario i despues de haberse restablecido casi por completo el servicio de los telégrafos, me trasladé personalmente a la oficina jeneral de éstos i me puse en comunicacion con las personas indicadas, el día 9 de julio; es decir, dos dias despues del temblor.

En cuanto a sus efectos sobre el terreno, sobre las construcciones i sobre las personas, el fenómeno de que me ocupo no se diferencia de los demas de su jénero que en todos los tiempos han affijido a la humanidad. Las grietas en el suelo, el desprendimiento i precipitacion de rocas de los cerros, la destruccion o deterioro de edificios públicos i particulares i la muerte o heridas de personas; son hechos que se verificaron a causa de aquel temblor, de un modo proporcional a la fuerza del sacudimiento i en una estension considerable, al norte i al occidente de Santiago.

Esos efectos se limitaron en esta ciudad, al desprendimiento de algunas cornisas i a unas cuantas hendiduras mas o ménos lijeras en las murallas de varios edificios, especialmente en las de ladrillos; a algunas pequeñas grietas en las rocas del cerro de Santa Lucia, i a uno que otro accidente personal de poca importancia, ocasionado por el sustó.

En Valparaiso, en Quillota, en Limache, etc. se produjeron los mismos efectos, pero en una escala mucho mayor. En cada una de estas ciudades, no solo fueron abundantes los casos de deterioro en los edificios i otras construcciones, sino que hubo algunos de casas reducidas a escombros, i no pocos en que éstas quedaron de tal

(1) *Anales de la Universidad de Chile*, año 1855, pág. 585.

modo ruinosas que se ha hecho necesaria su demolición: No faltaron tampoco, en las dos primeras de aquellas ciudades, tristes ejemplos de las desgracias personales con que suelen aflijir a la humanidad las frecuentes convulsiones de nuestro planeta.

La mayor fuerza del sacudimiento i, por consiguiente, su acción destructora mas enérgica, parece que se manifestaron unos cincuenta kilómetros al norte de Quillota.

Segun los partes oficiales pasados al Supremo Gobierno por los gobernadores de la Ligua i de Petorca, las capitales de estos departamentos, situadas, la primera 47 kilómetros al norte, i la segunda a mayor distancia i al N. E. de aquella ciudad, fueron casi totalmente destruidas; i hasta las tapias, en jeneral mui poco elevadas, con que se acostumbra cerrar los campos, vinieron todas al suelo (1).

(2) He aquí los partes de los gobernadores de los departamentos espresados.

Ligua, julio 8 de 1873.—A las 5 h. 30" P. M.

Señor Ministro del Interior:

"Tengo el sentimiento de comunicar a US. que el pueblo de la Ligua ha sido víctima de los mayores desastres ocasionados a consecuencia del espantoso temblor que tuvo lugar el día de ayer, a las dos i cuarto A. M. hora en que se sintió el primero i mas funesto terremoto de tierra. Felizmente hemos escapado bien con la vida, no tenemos mayores males que lamentar; pero en cambio la poblacion ha quedado arruinada i con grandes pérdidas sufridas en el comercio.

"Los edificios particulares, arruinados en su mayor parte, muchos de ellos en el suelo, i los que se encuentran parados estan inhabitables; hai cuadras enteras que es necesario decretar su demolición, despues de oir el informe de una comision que se nombrará para el efecto.

"Los edificios públicos han sufrido considerablemente. La iglesia parroquial toda rasgada, desplomada i parte caída, lo que es bien sensible, despues de haber visto todos los sacrificios hechos por el vecindario para la conclusión de este templo.

"El hermoso hospital, enteramente concluido i por inaugurarse el 16 del presente, tambien ha sufrido perjuicios que estimo en seiscientos pesos mas o ménos.

"La sala municipal i despacho del gobernador, completamente desplomados i ruinosos, al estremo que creo conveniente su clausura.

"El nuevo cuartel óficio i cárcel pública han recibido daños de poca consideracion.

"Todas las escuelas públicas del departamento, con escepción de la superior, están inhabitables i algunas reducidas a escombros.

"La casa que ocupaba el juzgado de letras, en ruinas; ha sido preciso traladarlo a una casa de horcones.

"Los campos han quedado sin ninguna pirca o ciervo.

"Las aldeas tambien han sufrido las consecuencias de este desagradable suceso; algunas casas caídas i niños aplastados.

"Es la 1 h. 25 m. P. M. i sigue temblando con alguna fuerza.

"La jente se encontrará acampada en la plaza.

Dios guarde a US.

Carlos R. Tagle,

Los telégrafos, con escepcion del trasandino, entre Santa Rosa i Valparaiso, i el antiguo americano entre este puerto i Santiago, fueron interrumpidos por la caída de un gran número de los postes en que está suspendido el alambre, i, por esta causa, como he dicho antes, no fué posible tener noticias inmediatas de los efectos del temblor en la mayor parte de las provincias. Por algunas horas, al ménos, estuvo tambien interrumpido el tráfico de los trenes del ferrocarril de Santiago a Valparaiso, con motivo de haber interceptado la línea varias rocas desprendidas de los cerros vecinos.

Aunque el temblor del 7 de julio se hizo sentir, con mas o ménos fuerza, en toda la costa de Chile, i hasta no ménos de 200 millas al oeste, sobre el paralelo de la Ligua, no se produjo en las aguas del océano ningun movimiento extraordinario; su estado normal no esperiméntó alteracion alguna.

Al redactar estos apuntes, no es mi ánimo ocuparme de describir las desgracias personales, ni las ruinas de los pueblos, ni los daños de otro jénero causados por aquel temblor. Apartándome, al contrario, de estas penosas manifestaciones de las fuerzas subterráneas solo me propongo estudiar el fenómeno bajo un punto de vista puramente científico, valiéndome de algunos datos exactos que pude recojer, i que son, talvez, los mas completos que se han

Petorca, julio 9 de 1873.—A las 4 h. P. M.

“Señor Ministro del Interior:

“El temblor de anteayer, a las 2 h. 30 m. de la mañana, ha hecho grandes estragos en esta ciudad. Las murallas de la iglesia parroquial se han rasgado en varias partes, la enmaderacion tambien ha sufrido algo, i el tejado en su totalidad en mal estado.

“La cárcel, cuartel cívico, recova, matadero público i escuela superior de hombres, han sufrido mas o ménos como la iglesia i aun mas algunos de estos edificios, porque han quedado las murallas muy ruinosas.

“Edificios particulares vinieron varios al suelo, i en jeneral en todos los techos, sin escepcion alguna, se han corrido las tejas hasta quedar los montones de escombros en las veredas de las calles.

“Muerte no ha ocurrido ninguna; pero sí muchos contusos con piernas i brazos quebrados.

“Desde la noche del temblor hasta la fecha se han sentido no ménos de treinta remezones mas pequeños; el vecindario no duerme desde entónces.

“En las poblaciones de Hierro Viejo i Chincolco, los estragos han sido ménos que en ésta; pero sin embargo, casi no ha quedado pirca ni tapia en pié.

“De las demas subdelegaciones aun no tengo noticias que comunicar a US.

“Ayer se comunicó oficialmente al señor Intendente de la provincia estos mismos datos

“Dios guarde a US.

S. LEON.”

obtenido hasta aquí, al ménos, con respecto a la fijacion del momento en que el sacudon se hizo sentir en distintos puntos. He creído, sin embargo, que no debía omitir el bosquejo anterior, de los estragos producidos por el temblor de 7 de julio, ya que no tenemos otro medio mas preciso para apreciar la intensidad de las fuerzas que se ponen en accion, para romper el equilibrio de nuestro suelo, dislocándolo a veces, en una estension mas o menos considerable, i sembrando siempre el espanto i la desolacion.

II

El dia 9 de julio, como ya he dicho, me trasladé a la oficina jeneral de los telégrafos del Estado, para ponerme en comunicacion directa con los observadores de las provincias, i recojer el mayor número posible de datos sobre el temblor que acababa de sacudir nuestro suelo.

No sin tener que soportar incómodas interrupciones, motivadas por el recargo extraordinario de correspondencias particulares entre parientes i amigos residentes en distintos puntos, que se pedian i se daban recíprocas noticias de la suerte que habian corrido con el temblor, establecí mis comunicaciones de la manera siguiente:

Procediendo de un modo sucesivo, hice llamar a la oficina telegráfica respectiva, al observador, o a la persona con quien debía comunicarme, previniéndole que trajera sus observaciones sobre el temblor, i el reloj, o la hora del reloj que le habia servido para apuntar el momento en que el fenómeno se verificó.

En seguida, i en el orden en que las personas indicadas se presentaron en la oficina telegráfica de su residencia, les diriji las preguntas que siguen:

1.^a ¿Qué hora indicaba su reloj en el momento del temblor que tuvo lugar en la mañana del 7 del corriente?;

2.^a ¿Cuál fué, a su juicio, la duracion, i cuál la direccion del sacudimiento?;

3.^a ¿Cuántos temblores siguieron al primero, i a qué hora, segun su reloj?;

4.^a ¿Cuál era la altura del barómetro, la temperatura del mercurio i la del aire, en el momento del sacudon principal?;

5.^a ¿Cuál era el estado del cielo ántes i despues del temblor?; i,

6.ª ¿Qué otros fenómenos acompañaron, precedieron o siguieron a ese?

Inmediatamente despues de recibir de cada punto la contestacion a estas preguntas, i de asegurarme de que no habia sido variado el reloj que sirvió para la observacion del tiempo, comparé de un modo preciso, por medio de señales telegráficas, las indicaciones de dicho reloj con las de un cronómetro bien arreglado, segun el tiempo medio de Santiago, que llevé, al efecto, a la oficina de los telégrafos.

Los puntos a los cuales pedí aquellos datos, i respecto de los cuales hice esta comparacion, son: la Serena, la Ligua, San Felipe, Quillota, Raicagua, San Fernando, Curicó, Taica, Parral, Cauquenes, Chillan, Talcahuano, Concepcion, Coronel, i Lota.

De Valparaiso tuve abundantes detalles sobre el temblor de que me ocupo, pero no ejecuté la comparacion de los relojes, porque no encontré ninguno de los que me habrian inspirado confianza, que no se hubiera parado con el temblor mismo o que no hubiera sido movido despues que éste tuvo lugar. Por inconvenientes que se presentaron en el telégrafo, tampoco pude hacer oportunamente aquella comparacion con el reloj que sirvió en Copiapó, para la observacion del momento en que se verificó el fenómeno.

El sacudimiento del 7 de julio, no se limitó solamente a nuestro territorio. Atravesando, al oriente, la gran cordillera de los Andes, se hizo sentir tambien en una estension considerable de la República Argentina, i, al occidente, segun las comunicaciones que insertaré mas adelante, se dejó sentir, con bastante fuerza todavia, a bordo de la corbeta *O'Higgins* de la armada de la República que, en viaje de Mejillones a Valparaiso, se encontraba en el momento del temblor a mas de doscientas millas de la costa i muy cerca del paralelo de la Ligua.

Las observaciones que se han hecho hasta aquí sobre los temblores de tierra, no solo en Chile, sino tambien en la jeneralidad de los países que están sometidos, como este, a su destructora accion, comprenden, por lo jeneral, el dia i la hora del sacudimiento, la duración i la direccion de éste, i si él fué o no acompañado de ruido subterráneo. Algunos observadores tienen cuidado de agregar, ademas, la altura barométrica, la temperatura del aire i el estado atmosférico en el momento del fenómeno.

Aparte de estos últimos elementos i del primero, que pueden fijarse i se fijan con exactitud, los demas son el resultado de apreciaciones, mas o ménos arbitrarias, de parte de la jeneralidad de los observadores, que no permiten basar sobre ellos otro jénero de investigaciones, que las que se refieren a lo que podríamos llamar la estadística o la historia de las convulsiones que suele experimentar el globo terrestre.

Uno de los datos mas necesarios e importantes para el estudio científico de los temblores de tierra, por cuanto de él, siendo bien observado, se pueden deducir varias consecuencias, i, acaso, varias leyes, hasta hoi desconocidas, de la física del globo, es la hora precisa en que el fenómeno se verifica en diversos puntos de la superficie conmovida. Pero, desgraciadamente, es este tambien uno de los elementos mas difíciles de obtener con toda la exactitud necesaria.

Faltándoles, en jeneral, a los observadores los medios de comprobar el estado de sus relojes, están obligados a aceptar sin examen las indicaciones de éstos; resultando de aqui tal anarquía en las observaciones, que es imposible arribar a ningun resultado positivo mediante su estudio.

Mientras no sea posible el uso de aparatos mecánicos que puedan indicar de un modo preciso la duracion, la direccion i el sentido del movimiento, no es tampoco posible esperar ni mediana exactitud en las observaciones que se harán, a este respecto, por las solas impresiones personales de los observadores. Sin esos aparatos, sucederá siempre, como hasta ahora, que en un mismo punto, personas igualmente hábiles para observar los temblores, apreciarán de diversos modos, a veces contradictorios, estas circunstancias, si las ruinas producidas por el fenómeno mismo, no vienen a poner de manifesto algunas de ellas.

A las dificultades que presentan las observaciones de que vengo ocupándome, se debe, sin duda, en gran parte, el estado de atraso de nuestros conocimientos, no solo con relacion a las causas, probablemente mui complejas, de los temblores, sino tambien en cuanto al modo como el fenómeno nace i se desarrolla sobre la superficie de la tierra.

Sin que esas dificultades hayan dejado de existir para el temblor del 7 de julio del presente año, gracias al eficaz auxilio que me prestaron los telégrafos eléctricos, pude recojer respecto de él datos

abundantes i bastante exactos de varios puntos de la República, cuya discusion i cuyo estudio me ha conducido a algunos resultados enteramente nuevos para la ciencia.

Antes de comunicar estos resultados, daré, en resúmen, los datos de que se derivan.

III

Después que las personas con quienes me puse en comunicacion por el telégrafo el día 9 de julio, me contestaron el programa que inserté mas arriba, comparé directamente, como he dicho, los relojes que esas personas usaron para observar el tiempo del temblor, con un cronómetro que yo habia preparado al efecto. Los resultados de estas comparaciones solo podian ser exactos respecto de aquellos puntos en que el observador, ademas de disponer de un reloj de marcha regular, no hubiera introducido variaciones en él después del momento en que se verificó el fenómeno. Por esto, ántes de hacer aquella comparacion, traté de asegurarme de estas dos circunstancias, i solo comparé i he tomado en cuenta, mas tarde, la hora de los relojes que, cumpliendo con la primera, según la palabra de los respectivos observadores, no fueron sometidos a la segunda.

Mediante aquellas comparaciones i las correspondientes diferencias de las longitudes jeográficas, pude determinar con facilidad el estado absoluto de los relojes cuya hora se me trasmitió, i, por consiguiente, hacer las correcciones necesarias a la hora que ellos indicaban en el momento del temblor.

Después de someter a una detenida discusion los resultados que así obtuve para la hora local en que el fenómeno se verificó en cada punto, solo he considerado bastante exactos i he tomado en cuenta para los cálculos de que hablaré mas adelante, los que pongo en seguida, al lado de la localidad a que corresponde cada uno

LOCALIDADES	TIEMPO MEDIO LOCAL.			
	h.	m.	s.	A. M.
Serena.....	2	27	50.0	”
O’Higgins.....	2	11	44.0	”
Ligua.....	2	19	44.4	”
Quillota.....	2	21	21.0	”
San Felipe.....	2	24	9.9	”
Valparaiso.....	2	20	50.0	”
Santiago.....	2	26	20.0	”
Talca.....	2	25	33.6	”
Parral.....	2	26	30.0	”
Concepcion.....	2	22	52.4	”

Si no todos, por lo menos algunos de estos valores se encontrarán afectados, es probable, de pequeños errores que resultarán, por una parte, de que los observadores no apuntarian uniforme i exactamente la hora del principio del temblor, i por otra, de que la jeneralidad de los relojes debió variar algo desde el momento del fenómeno, hasta el instante en que hice las comparaciones que he indicado. Pero es mui difícil que el acaso haya hecho concurrir de tal modo esos pequeños errores, que ellos puedan influir de una manera decisiva para determinar la lei que siguen los resultados que de aquellos valores se derivan.

Al apuntar las duraciones i las direcciones del sacudimiento que pongo en el cuadro que sigue, la jeneralidad de los observadores del temblor de 7 de julio, faltándoles otros medios mas precisos, tuvieron que guiarse, como he dicho ántes, por sus impresiones personales. A consecuencia de esto, es natural suponer que esas observaciones estén afectadas de errores mas o ménos notables, pero sin ninguna importancia, por lo que toca a la duracion del fenómeno, i fáciles de corregir en cuanto a la direccion de su marcha, mediante la confrontacion de los momentos en que él se hizo sentir en diversos puntos, despues de reducir las horas locales correspondientes a un mismo meridiano.

Por este medio rectificaré esas observaciones en el lugar oportuno.

Hé aquí, mientras tanto, los datos que pude recojer, con respecto a aquellas dos circunstancias:

LOCALIDADES.	Duracion del temblor.	Direccion del movimiento.
Serena.....	15 segds.	SE. a NO.
O'Higgins (1). {	Segun el señor Vidal G...	E. a O.
	Segun el señor Ferrari...	N. a S.
Ligua.....	20 id.	Vertical.
Quillota.....	60 id.	N. a S.
Valparaíso (2). {	Segun el señor Adrover..	E. a O.
	Segun el señor Krahass..	N. a S.
	Segun el señor Vidal G...	70 id. Vert. i de N. a S.
Santiago.....	60 id.	NO. a SE.
San Fernando.....	50 id.	E. a O.
Talca.....	30 id.	N. a S.
Cauquenes.....	25 id.	N. a S.

(1) Los datos relativos al punto del océano ocupado por la corbeta *O'Higgins* en el momento del temblor, de que me he servido en este trabajo, los he tomado de las comunicaciones con que me favorecieron los señores don Francisco Vidal Gormaz, capitán de fragata, i don P. S. de Ferrari, teniente de la armada de la República. Esas comunicaciones son las siguientes:

El temblor de que me ocupó no fué aislado. Después del choque primero i principal, la tierra siguió temblando con intervalos mas o ménos cortos, en una considerable estension, al norte de Santiago, entre la cordillera de los Andes i el océano.

El número de los temblores que siguieron a aquel en cada localidad, i los momentos en que ellos se verificaron, no me fué posible averiguarlo con exactitud. Tampoco pude adquirir noticias ciertas, sobre si el ruido subterráneo que acompañó al primer sacudimiento, fué simultáneo con este, o le precedió o le siguió, en cada uno de los puntos en que se observó el fenómeno.

Esta circunstancia, que yo considero de gran interes para el es-

Santiago, julio 25 de 1873.

Señor don José Ignacio Vergara.

Estimado amigo:

Consecuente con sus deseos, le envió los siguientes apuntes relativos al fuerte temblor que se esperiméntó en Valparaíso el 7 del corriente. Ojalá que le sean útiles para el fin que Ud. persigue.

El principio del fenómeno tuvo lugar a las 2 horas 24 minutos A. M., segun el reloj del Hotel Colon, que supongo debia estar regularmente arreglado al tiempo medio del lugar. Cuando yo miré el reloj eran las 2 horas 25 minutos, pero la fuerza del movimiento no habia terminado aun.

El temblor, para mí, comenzó sin ruido alguno precursor i se hizo sentir de una manera vertical i mui bruscamente. Quince o veinte segundos despues del movimiento se tornó en oscilatorio de norte a sur próximamente i con una fuerza terrible. Con algunos segundos mas de duracion, Valparaíso habria quedado convertido en ruinas.

Las causas que me inducen a sospechar que el movimiento oscilatorio fué de norte a sur o próximo a este rumbo son las siguientes: Al abandonar mi cuarto del tercer piso del hotel sufrí gran retardo por hallarme desorientado, i de igual manera por la dificultad de abrir la puerta que se cargaba i descargaba alternativamente, con suma rapidez. Durante este lapso de tiempo que duró unos pocos segundos, el movimiento era vertical; mas al salir del pasillo de comunicacion que corre de este a oeste, mas o ménos, hube de darme algunos estrellones entre las paredes, con motivo de que el movimiento se habia tornado en lateral.

La duracion del temblor fué de mas de un minuto i talvez de 70 segundos; mas el terreno quedó oscilando suavemente por muchas horas, de una manera bien perceptible, fenómeno que pude observar con motivo de no haber vuelto a abandonar mi alojamiento hasta despues de la seis de la mañana. Pequeños ruidos subterráneos se dejaron sentir despues i lijeros sacudones de tierra, con tres o cuatro que fueron de alguna intensidad, i que tuvieron lugar con una i media a dos horas de intervalo.

Al amanecer salí a recorrer el puerto i en la tarde el Almendral, pudiendo notar que la estatua de Cochrane habia dado un pequeño paso hácia atras o al norte, i no menor de cinco centímetros. En la plaza de la Victoria la hermoso *pila de rulo* que adorna aquella localidad, habia votado hácia el SE. el jarron que la corona i que parece destinado para que reciba el agua del tiempo. Sin embargo, en las casas i almacenes, los objetos derribados miraban ordinariamente hácia el norte o próximo a este rumbo, manifestando así que el primer impulso lateral del temblor habia venido de aquella parte; pues es bien demostrado que todo golpe dado por la base a un objeto tiende a derribarlo por el lado que

tudio científico de las palpitaciones terrestres, ha sido desatendida, casi siempre, por la jeneralidad de los observadores, sin fijarse, talvez, en que el ruido i el movimiento deben propagarse segun leyes diferentes, por mas que el primero sea, como parece probable, una consecuencia del segundo.

Al estudiar, mas adelante, las observaciones que ahora estoy resumiendo, tendré ocasion de volver sobre este punto.

Segun los datos que recoji, en la misma forma que tengo indi-

se le hiere, e igual cosa ocurre al descender de un vehículo en movimiento. Todo esto i la opinion jeneral en Valparaiso, aseguran que el referido movimiento tuvo lugar próximamente en el sentido que he dicho.

Algunos capitanes de los buques surtos en la rada aseguran haber notado un reflejo rojizo en la atmósfera. Esta se encontraba un tanto entoldada, como dicen los marinos, esto es, cubierta de cúmulos poco densos i elevados, algo desparramados, fenómeno que nada predice a no ser un estado de transición del tiempo i calma completa en la rejion inferior de la atmósfera.

Por lo que hace al resplandor que se pretende haber observado, creo que solo habré sido una ilusion. El despertar sorprendidos por el inusitado movimiento i ver el cielo iluminado por los rayos de la luna que debía encontrarse cerca de su ocaso, en circunstancias que solo le faltaban dos dias i medio para su lleno, me hace creer, como he manifestado, que solo ha sido una ilusion i no un fenómeno real.

La tarde del dia 6 habia sido, como de ordinario se dice, algo pesada, i a muchas personas les oí durante el viaje, que esperimentaban algo raro en sus naturalezas. Por mi parte creo haber sufrido lo mismo, no obstante la agradable sensacion que esperaba al abandonar la atmósfera de Santiago, aspirando la de la marina. Le cito esto sin comentario alguno, advirtiéndole que el aneroides del Hotel Colon marcaba la presion de 767 mm. 5 estando colocado a cerca de nueve metros sobre el nivel del mar. Hice esta lectura cuatro horas despues del temblor, porque en el primer momento desconocia su existencia.

El mar, que se hallaba enteramente tranquilo, no esperimentó movimiento alguno i permaneció en completa calma durante todo el dia 7, contra las previsiones de los timoneros que esperaban verlo salir de sus límites e inundar la ciudad; temor ordinariamente infundado i que cuando ocurre comienza por prevenirlo por medio de un retroceso, algunos minutos despues del temblor.

La corbeta de la Republica *O'Higgins*, hallándose de viaje de Mejillones para Valparaiso, se encontraba como a cien millas al occidente de este ultimo puerto. La duracion del temblor fué de cuarenta segundos para el citado buque, i la direccion del movimiento la creyeron de este a oeste. Las personas con quienes hablé al arribo de la *O'Higgins*, calificaron el temblor como un poco mayor que los movimientos comunes, lo que me induce a creer que el foco del movimiento del 7 ha tenido su asiento en el continente.

Hubo en Valparaiso algunas personas que sospechaban hubiese tenido lugar una erupcion del volcan *Yungue* de Juan Fernandes; mas este volcan, mucho tiempo apagado, no ha dado signos de ignicion desde la noche del 20 de febrero de 1744, que lo vió arrojar llamas don Antonio de Ulloa. En cuanto a mí, aunque nada sabemos de Juan Fernandes, me inclino a creer que no debemos ir a buscar a esa isla la causa del fuerte temblor del 7, cualquiera que sea la teoria que aceptemos como el orijen de los movimientos de tierra.

Es cuanto puede comunicar a Ud. su afectisimo amigo i S. S.

cada, los sacudimientos que siguieron al principal fueron tanto mas numerosos en cada localidad, cuanto mas cerca se encontraba esta de la Ligua. Por este hecho se puede inferir, desde luego, que el foco, o el punto de partida del temblor, no se hallaba lejos de dicha ciudad.

No me ha sido posible averiguar de un modo cierto cuál fué el número de sacudidas que se hicieron sentir en la Ligua despues de las dos de la mañana del dia 7 de julio; pero he sabido que durante todo este dia i los dos siguientes estuvo temblando con interva-

Valparaiso, julio 26 de 1873.

Señor don José Ignacio Vergara.

Mui señor mio:

Considerando de utilidad para las investigaciones científicas a que Ud. se dedica en el Observatorio Astronómico, que tan dignamente dirige, tengo el honor de comunicarle los siguientes datos del fuerte temblor que tuvo lugar en varias provincias de la República, en la mañana del 7 del actual; el cual se dejó sentir tambien con bastante intensidad, (poco mas o ménos a la misma hora), a bordo de la corbeta *O'Higgins* a 200 millas al oeste de Valparaiso, en viaje de Mejillónes a este puerto.

Situacion del buque en el momento del temblor:

Latitud sur 32° 18'

Lonjitud al O. de Green. 74° 37'.

Horas en el promedio del temblor:

Hora del cronómetro arreglado al tiempo medio de Green. 7 h. 10 m. 12s.

Id. reducida al id. id. del lugar 2 11 44.

La duracion fué de 55 segundos i las oscilaciones de N. a S. En el mar se notó un pequeño escarseo. El viento soplabo flojo i mui variable del 2.º cuadrante; el barómetro un poco alto i permaneció por muchas horas sin notable variacion. Otro tanto ocurrió con las temperaturas del agua i del aire. No ocurrió novedad alguna en la atmósfera; pero al dia siguiente permaneció entoldada i con aspecto de lluvia.

Con este motivo, tengo el honor de ofrecermé su mui A. i S. S.

P. S. DE FERRARI

(2) Los datos relativos al temblor en Valparaiso, me han sido suministrados por la carta del señor Vidal Gormaz, que dejo insertada, i por la siguiente del señor Adrover, Rector del Liceo de esa ciudad.

Valparaiso, julio 11 de 1873.

Señor don José Ignacio Vergara.

Mui señor mio:

Paso a hacerle una reseña de los temblores que han tenido lugar en la presente semana. Ante todo debo prevenirle que he completado i confrontado mis observaciones con los datos que me ha suministrado una persona bastante prolija.

Julio 7.—Primer temblor a las 2 horas 23 minutos A. M., su duracion un minuto mas o

los que, siendo muy cortos al principio, se hacían más y más largos con el tiempo. Tampoco he podido saber si se produjeron ruidos subterráneos.

En Quillota, ciudad situada a poco más de 46 kilómetros al sur de la Ligua, se habían contado 35 temblores, hasta las 8 de la mañana del día 9; todos ellos en la misma dirección que ya he indicado respecto del primero, y la mayor parte acompañados de ruidos subterráneos.

ménos; el movimiento fué rítmico y de oscilación; su dirección de oriente a poniente; el cielo bastante nublado, no corría viento.

El señor Krahnass me hace la siguiente descripción de este temblor.

"En el momento mismo en que cesó fui a consultar mi reloj y señalaba 2 horas, 16 minutos 30 segundos. El mismo día fui a tomar la hora de Peyroulx y encontré que mi reloj estaba atras cinco minutos justos; la hora pues, era 2 horas, 21 minutos, 30 segundos; ménos cerca de 40 segundos que duró el temblor, esto es, 2 horas, 20 minutos, 50 segundos.

"La duración me ha parecido de 40 segundos en todo, y 15 a 20 durante su mayor intensidad.

"Comenzó con su máximo de fuerza por una muy fuerte oscilación, seguida de un gran número de otras fuertes también, durante 15 a 20 segundos, después la fuerza disminuyó rápidamente y se extinguió a los 40 segundos.

"En el principio hubo oscilación y vibración a la vez; en seguida fué oscilación sola; por lo demás, ni el menor ruido subterráneo, ni en el aire; ni antes ni durante, ni después del movimiento. El único ruido que observé fué el de los crujidos y rozamientos de las paredes y techos.

"Esperimenté el efecto de ser sacudido como si la casa flotase sobre un líquido de olas cortas y poco elevadas; pero sucediéndose con la rapidez del galope de un caballo, poco más o ménos, dos saltos por segundo.

"En realidad me pareció que cada punto del suelo en que me hallaba describía un pequeño círculo vertical situado en el plano del meridiano, poco más o ménos, y con una velocidad de dos vueltas por segundo; pero experimentando a la vez una ondulación como si un punto situado a una gran profundidad y ligado invariablemente con otro de la superficie del suelo, hubiera estado obligado a moverse sobre la vertical. (Movimiento de una bicicleta y de un manubrio).

"Las oscilaciones horizontales del suelo han sido de una gran amplitud."

"A las 2 h. 30 m. he visto mi gran péndulo, cuya longitud teórica es de 1 metro 185, oscilar 11 centímetros en su estremidad situada a 1 metro 37 del punto de suspensión. El péndulo se hallaba inmóvil en el momento del temblor porque el reloj estaba parado; luego toda la oscilación se debía al temblor."

"El plano de oscilación era de 8 a 9 grados al N. E. del plano del meridiano verdadero (observación hecha con la brújula.)"

"No he sentido el principio de la primera oscilación (estaba dormido); no puedo, pues, decir si el sentido fué de norte a sur."

"Este temblor ha sido relativamente muy fuerte; pero en realidad el movimiento absoluto ha sido muy pequeño, a mi parecer; sin eso habría tenido en mi casa muchos objetos rotos."

"Tenía agua en dos grades vasos y fué proyectada en pequeñas cantidades hacia el norte y al sur (diámetro de los vasos: 9 y 10 centímetros; distancia del agua al borde, 5 centímetros)."

"Continuó ahora con los otros temblores.

2.º Temblor a las 2 h. 38 m. A. M.; su duración muy corta y su intensidad muy pequeña.

De San Felipe, en cuanto al número de las palpitaciones del suelo, solo he sabido que en la mañana del día 7, se sintieron cuatro: la primera a la hora que ya he apuntado, la segunda 15 minutos después, la tercera a las 5 h. A. M. i la cuarta a las 11 h. 45 m. A. M.

Segun la carta del señor Adrover, que pongo entre las notas, en Valparaiso, hasta las 6 h. 21 m. A. M. del día 9, se habian sentido 15 temblores i varios ruidos subterráneos. De estos, algunos fueron aislados, i otros en coincidencia con los movimientos del suelo. En la nota indicada se hallan bastantes detalles sobre esos i otros fenómenos.

Sobre el mar, como ya he dicho, no se produjo ningun efecto extraordinario, segun las observaciones del señor Vidal Gormaz, i de otras personas.

En Santiago, segun mis propias observaciones, hubo cinco temblores el día 7, i uno en cada uno de los dos siguientes. Los mo-

3.º Temblor un minuto después del anterior; su duración e intensidad como los de ese.
A las 3 h. 4 m. A. M. ruido subterráneo mui débil.

4.º Temblor a las 3 h. 7 m. A. M.; ruido subterráneo mui pequeño con lijero sacudimiento.

5.º Temblor a las 4 h. 47 m.; A. M.; su duración de 4 a 5 segundos i su intensidad como el anterior.

6.º Temblor a las 5 h. 46 m. A. M.; poco movimiento con ruido subterráneo.

7.º Temblor a las 6 h. 35 m. A. M.; lo mismo que el anterior.

Hasta esta hora no ha corrido ni el mas lijero soplo de viento i la atmósfera ha estado mui encapotada.

A las 7 h. 30 m. A. M.; la atmósfera comenzó a ponerse un poco trasparente i al mismo tiempo a correr un lijero viento del sur.

8.º Temblor a las 10 h. 50 m. 30 s. A. M.; sacudimiento bastante fuerte pero corto.

A las 11 h. 45 m. A. M. se dejó sentir un pequeño ruido subterráneo.

El día sigue nublado i a las 3 h. P. M. corre un poco de viento norte.

9.º Temblor a las 5 h. 30 m. P. M.; su duración [corta] i su intensidad pequeña, acompañado de ruido subterráneo.

10.º Temblor a las 8 h. 35 m. P. M.; su duración e intensidad como el anterior.

La noche está en completa calma i el cielo continúa nublado.

El jefe de la oficina telegráfica me asegura que en las primeras horas de la mañana notó en la máquina del telégrafo excesiva electricidad.

A los 9 h. A. M. de este día el termómetro marcaba 11 grados; a las 2 h. 30 m. P. M., 12 grados, i a las 9 h. P. M. 10 grados 3 décimos.

El barómetro a las 2 h. 30 m. P. M. marcaba 763 mm. 5.

Julio 8—11.º Temblor a las 2 h. A. M.; lijero sacudimiento.

A las 3 h. 35 m. A. M. lijero ruido subterráneo.

12.º Temblor a las 8 h. 35 m. 30 s. A. M.; su duración de 5 a 4 segundos i sin ruido.

A las 8 h. 20 m. A. M. corre un poco de viento sur, está nublado.

A las 12 h. 8 m. P. M. el cielo se despeja i se deja ver el sol; a las 12 h. 35 m. se despeja completamente.

mentos en que se verificaron, son: el 1.º a la hora antes indicada, el 2.º a las 4 h. 47 m. A. M.; el 3.º a las 6 h. 37 m. A. M.; el 4.º a las 10 h. 55 m. A. M.; el 5.º a las 7 h. 54 m. P. M.; el 6.º a las 8 h. 19 m. A. M. del día 8, i el 7.º a las 6 h. 30 m. A. M. del día 9.

Todas estas sacudidas del suelo de Santiago, fueron acompañadas de ruidos subterráneos, i algunas de ellas, precedidas inmediatamente, además, por este mismo fenómeno.

Asi como los efectos del primero de los temblores del 7 de julio fueron insignificantes al sur de nuestra capital i al norte de Illapel, el número de los que le siguieron, fué tambien muy escaso, mas allá de esos límites; pues no pasó, en jeneral, de uno o dos.

Una escepcion muy notable presentó, sin embargo, a este respecto, la ciudad de Chillan. A pesar de estar situada bastante cerca de la del Parral, donde se sintieron, a lo ménos, dos sacudidas de alguna intensidad, i mas al norte que Concepcion, Lota i otros puntos, donde estos se hicieron sensibles del mismo modo, parece

A las 12 h. 58 m. P. M. se dejó sentir un fuerte ruido subterráneo i a la misma hora el barómetro marcaba 765 mm.

A las 2 h. P. M. se dejó sentir otro ruido subterráneo.

13.º Temblor a las 5 h. 10 m. P. M.; su duracion corta i su intensidad pequeña: Principia a correr un fuerte viento sur.

A las 5 h. 32 m. P. M. ruido subterráneo como los anteriores.

A las 9 h. A. M. de este dia el termómetro marcaba 11º 2; a las 2 h. 30 m. P. M., 14º 2, i a las 9 h. P. M.; 9º 3.

El barómetro a las 2 h. 30 m. P. M.; marcaba 764 mm. 5.

Julio 9.—14.º Temblor a la 1 h. 5 m. A. M.; ligero sacudimiento con ruido subterráneo.

15.º Temblor a las 6 h. 19 m. A. M.; sacudimiento bastante fuerte, su duracion de 5 a 6 segundos.

A las 6 h. 21 m. P. M., ruido subterráneo; a las 9 h. 26 m. P. M. otro ruido igual al anterior.

A las 9 h. A. M. de este dia el termómetro marcaba 9º 2; a las 2 h. 30 m. P. M., 15º 4, i a las 9 h. P. M., 12 grados.

El barómetro marcaba a las 2 h. 30 m. P. M., 762 mm. 5.

Anotaciones sobre el termómetro i barómetro a la hora misma de los sacudimientos no le mando, porque el pánico producido por los temblores no permitia hacer ninguna observacion de esta especie.

Despues de escrito lo anterior he recojido varios datos que manifiestan que el movimiento, al principio, fué de abajo a arriba i en seguida oscilatorio; i su direccion mas o ménos de norte a sur.

He recojido tambien algunos datos que parecen indicar que en el primer temblor hubo un pequeño movimiento horizontal de rotacion; pero no se los trasmito ahora porque aun no he comprobado bien los hechos.

He demorado estos apuntes porque he querido compararlos i rectificarlos para que sean mas exactos.

que ella quedó libre de las conmociones que esperiméntó nuestro territorio en aquellos dias.

Cuando por el telégrafo me puse al habla con un sujeto de Chillan con el fin que tengo indicado, se me contestó:

“Aquí nadie ha sentido el temblor; o mas bien diré casi nadie, pues hai unas pocas personas que creen haberlo sentido.”

Noticias análogas tuve tambien por otros conductos.

El cielo estaba cubierto en el momento del temblor en todos los puntos de que tengo noticias, desde Caldera hasta Corral i Valdivia, ménos en Coronel; pero en este punto se nubló mui poco despues.

En Santiago habia estado despejado hasta la una de la mañana, mas a esta hora vino una niebla espesa que permaneció hasta las tres de la tarde, hora en que principió a trasformarse en nublados, que no se disiparon hasta la tarde del dia 8.

En toda la estension de nuestro territorio comprendida entre los límites que acabo de señalar, i aun en la isla Quiriquina, reinaba una perfecta calma en la noche del 7 de julio, con escepcion de uno que otro punto en que corria una lijera brisa.

La hora tan poco favorable para que los observadores que disponian de aparatos meteorológicos pudieran consultarlos en el momento del temblor, es causa de que esta consulta solo se hiciera en el Observatorio Astronómico de Santiago i en los observatorios meteorológicos de Talca i de la Serena.

Con ellas formo el cuadro siguiente:

	SANTIAGO	TALCA	SERENA
	mm.	mm.	mm.
Presion atmosférica en -----	719.79	756.52	762.25
Temperatura del aire.	5°0	7°8	-----
Altura sobre el mar.	535 m.	105 m.	-----

Para que se puedan apreciar las variaciones atmosféricas ántes i despues del sacudimiento de julio, agregaré al fin de este trabajo un cuadro de las observaciones hechas sobre ellas en diversos puntos de la República, durante la primera mitad de ese mes.

IV

El estudio de los datos que me fué posible recojer sobre el temblor del 7 de julio, cuyo resúmen dejo consignado en los párrafos anteriores de estos apuntes, me ha conducido a algunos resultados interesantes i nuevos, en parte, para la ciencia.

La base de mis estudios, a este respecto, ha sido la hora en que el fenómeno se hizo sentir en diversos puntos de la superficie conmovida, i que, por los medios que he espuesto en el lugar oportuno, pude obtener con una exactitud mui superior a la que se habia alcanzado hasta aquí en la determinacion de ese elemento.

Si todos, o un cierto número de los puntos en que se observa un temblor, estuvieran situados sobre una misma línea recta, el conocimiento de la hora i el de la posicion jeográfica de tales puntos, bastarian, por sí solos, para investigar su marcha, o sea, la manera como él se propaga en la direccion de dicha línea. Pero si no se verifica eso, como sucede en el caso de que me ocupo, esta investigacion, aunque ménos fácil, será mas completa, si se llega a conocer el punto de partida, o, como suele decirse, el foco del sacudimiento.

La fijacion de este punto ha sido, en consecuencia, el primer problema que me propuse resolver.

Segun los datos que he insertado mas arriba, fué en la Ligua donde el temblor de julio produjo mayor cantidad de ruinas. I si a estó solo hubiera de atenderse al buscar la localidad en que se iniciaron las sacudidas, deberíamos admitir, sin mas exámen, que el primer choque se efectuó tambien en esa ciudad.

Mas no siempre sucederá que coincidan, el lugar en que se produzcan los mayores estragos i el punto inicial del sacudimiento.

Desde su oríjen hasta ciertos límites, mas o ménos estensos, las ondas de conmocion deben propagarse con una intensidad mui poco variable; de manera que sus efectos se harán sentir en mayor escala, no precisamente en el punto de partida, sino en aquellas localidades situadas dentro de esos límites, que, por la estructura de su suelo i por la naturaleza, la disposicion i la poca solidez de las construcciones, ofrezcan ménos resistencia a su accion.

De esto resulta que si solamente se tomara en cuenta aquella

circunstancia para fijar el punto de partida del movimiento, sería fácil incurrir en graves errores.

Como las palpitations del suelo deben producirse, en este punto, en un momento físico anterior a aquel en que se verifican en todos los demas de la superficie conmovida, el medio que considero mas seguro para resolver el problema en cuestion, en el estado actual de nuestros conocimientos sobre la física del globo, consiste en comparar, entre sí las horas en que el fenómeno se hace sentir en diversas localidades, despues de reducirlas a un mismo meridiano.

Si se han observado los instantes del temblor en varios puntos que comprendan el centro de la onda, i se hace la reduccion que acabo de indicar, es evidente que el menor de los valores que resultarán, corresponderá al punto de observacion mas próximo a dicho centro. Cuando los observadores (por algun medio de que desgraciadamente no disponemos hoi en Chile) puedan observar ademas con exactitud la direccion del movimiento, siquiera en tres o cuatro puntos no mui distantes, una simple construccion gráfica nos conducirá al centro mismo, buscando el punto de concurrencia de esas direcciones, sobre la carta de la localidad. Si esto no es posible, se puede aun proceder, como lo indicaré luego, mediante la aplicacion de ciertos principios de la mecánica.

Conforme a lo que acabo de esponer, he reducido al meridiano de Santiago las horas locales observadas que apunté mas arriba.

Las longitudes jeográficas de que me he servido para tales reducciones, i las latitudes que, junto con ellas, he empleado para calcular las distancias de que hablaré mas adelante, se hallan en el cuadro siguiente:

LOCALIDADES	LATITUD SUR	LONJITUD AL O. DE GREENWICH	
		o m.	h. m. s.
Serena.....	29 54.0	4 45	12.0
O'Higgins.....	32 18.0	4 58	28.0
Ligua.....	32 27.0	4 44	52.0
Quillota.....	32 52.0	4 44	59.0
San Felipe.....	32 45.0	4 42	49.0
Valparaiso.....	33 2.0	4 46	30.0
Santiago.....	33 26.7	4 42	42.4
Talca.....	35 25.0	4 46	54.0
Parral.....	36 7.0	4 47	17.0
Concepcion.....	36 51.0	4 52	25.0

Ejecutando aquellas reducciones he encontrado que el temblor se sintió:

	h.	m.	s.	
En la Serena a las	2	30	19.6	—Tiempo medio de Santiago.
„ O'Higgins...	2	27	29.6	„ „ „
„ Ligua.....	2	21	54.0	„ „ „
„ Quillota....	2	23	37.6	„ „ „
„ San Felipe..	2	24	16.5	„ „ „
„ Valparaiso..	2	24	37.6	„ „ „
„ Santiago....	2	26	20.0	„ „ „
„ Talca.....	2	29	45.2	„ „ „
„ Parral.....	2	31	4.6	„ „ „
„ Concepcion..	2	32	35.0	„ „ „

De la comparacion de estos números resulta, evidentemente, que de todos los puntos considerados aquí, en la Ligua fué donde se hizo sentir primero el temblor, i que él se tardó en llegar:

	m.	s.
A la Serena.....	8	25.6
“ O'Higgins.....	5	35.6
“ Quillota.....	1	43.6
“ San Felipe.....	2	22.5
“ Valparaiso.....	2	43.6
“ Santiago.....	4	26.0
“ Talca.....	7	51.2
“ Parral.....	9	10.6
“ Concepcion.....	10	41.0

Cualquiera que sea el meridiano a que se reduzcan aquellas horas, estos intervalos permanecerán los mismos; pero, como de todos los puntos de observacion, es la Ligua el que se encuentra mas próximo al centro del sacudimiento, si no es que se confunda con él, creo preferible, para los cálculos posteriores, hacer aquella reduccion con respecto al meridiano de esta ciudad.

De ese modo resulta que el temblor se sintió:

	h.	m.	s.	
En la Serena a las	2	28	10.0	—Tiempo medio de la Ligua.
„ O'Higgins...	2	25	20.0	„ „ „
„ la Ligua.....	2	19	44.4	„ „ „
„ Quillota....	2	21	28.0	„ „ „
„ San Felipe..	2	22	6.9	„ „ „
„ Valparaiso..	2	22	28.0	„ „ „
„ Santiago....	2	24	10.4	„ „ „
„ Talca.....	2	27	35.6	„ „ „
„ Parral.....	2	28	55.0	„ „ „
„ Concepcion..	2	30	25.4	„ „ „

He manifestado ántes que en la Ligua fué donde el temblor del 7 de julio produjo sus mayores estragos.

Se ha visto tambien mas arriba, en el cuadro que puse las duraciones i las direcciones observadas del temblor, que en esa misma ciudad, el fenómeno fué mas corto que en todos los demas puntos centrales donde se observó, i que el movimiento fué vertical. Esta circunstancia que se pudo comprobar de un modo bastante seguro por los escombros de los edificios, no se observó en ninguno de los demas puntos de que he tenido noticias.

Algunos, i entre otros el señor Vidal Gormaz, creen que durante los primeros segundos el movimiento fué tambien vertical en Valparaiso; pero los hechos mencionados por el mismo señor Vidal en la carta que he insertado en el lugar oportuno, i mui principalmente el hecho de las oscilaciones del péndulo del señor Krahnass, que se halla referido en la carta del señor Adrover que he insertado igualmente; prueban que en ese puerto el movimiento fué horizontal.

Los números anteriores indican, por otra parte, sin que quede lugar a la mas lijera duda; que en la Ligua se verificó el temblor ántes que en todos los demas puntos en que fué observado el instante del fenómeno.

Resulta, pues, que la magnitud de los estragos producidos por el sacudimiento, los instantes en que él se hizo sentir en diversos puntos, la direccion en que se propagó i su duracion; concurren para probar que el punto de partida, o sea aquel donde se efectuó el primer choque, si no estaba situado sobre la Ligua misma, debió hallarse mui cerca de esta ciudad.

Con el fin de fijar ese punto matemáticamente, si era posible, recurri al procedimiento que paso a indicar.

Segun lo que precede, i como acabo de decirlo, si el centro de conmocion no correspondió exactamente a la localidad ocupada por la Ligua, se apartaria mui poco de ella.

La velocidad de la marcha de un temblor en los puntos vecinos al orijen de éste, si no es uniforme, sus variaciones serán tan pequeñas, siempre que el terreno sea de la misma naturaleza, que no se cometerá un error apreciable admitiendo esa uniformidad en los cálculos que voi a indicar.

Las ciudades de Valparaiso, Quillota i San Felipe se encuen-

tran bastante próximas a la Ligua para poder admitir, en el caso del temblor del 7 de julio, que esa circunstancia se verificó dentro del polígono determinado por estas ciudades.

Aceptando, pues, las referidas hipótesis, para fijar la posición del foco del movimiento, principié por suponerla conocida mediante sus coordenadas jeográficas; i calculé, en seguida, la hora en que el temblor debió sentirse en el punto de partida supuesto, por medio de las velocidades con que él se propagó entre Valparaíso i la Ligua, i entre este pueblo i Quillota. Procediendo despues en un órden inverso, como medio de comprobacion, i partiendo de la hora calculada para el foco hipotético del modo que acabo de indicar, he buscado, tambien por el cálculo, el instante en que el fenómeno se produjo en San Felipe. La comparacion de la hora observada en esta localidad con el resultado de ese cálculo, me ha indicado en cada caso, si la suposicion hecha se hallaba cerca o léjos de la verdad.

Despues de varias hipótesis i de ejecutar para cada una de ellas las operaciones indicadas, encontré un punto situado a $32^{\circ} 18'$ de latitud, i a 4 h. 45 m. de lonjitud, al O. de Greenwich, cuya distancia a la Ligua es de 17 kilómetros; que parecia corresponder mejor que esta ciudad al centro, o sea, al punto de partida de los sacudimientos. Pero como la distancia entre estos dos puntos es mui pequeña relativamente, i como la hora en que el fenómeno se hizo sentir en el primero ha sido calculada bajo ciertas hipótesis, mientras que la del segundo fué observada con bastante exactitud, he considerado preferible aceptar éste, es decir, la Ligua, como el centro de comocion en el temblor de que vengo ocupándome. Si esto puede conducir a alguna inexactitud en los cálculos que seguirán, ella, estoi seguro, ademas de ser de mui poca importancia, solo podria influir sobre los valores absolutos, pero de ninguna manera en la lei que siguen los resultados.

Aparte de las consideraciones anteriores, he comprobado la verdad de esta conclusion, ejecutando esos cálculos sucesivamente con respecto a cada uno de aquellos puntos, i comparando entre sí, los valores numéricos que obtuve.

V.

Aceptando, pues, que fué en la Ligua donde el temblor del 7

de julio hizo su primera manifestacion exterior, voi a investigar la manera como él se propagó sobre el suelo.

Con este objeto, i por los medios que enseña la jeodesia, he calculado aproximadamente las distancias rectilíneas que separan a la Ligua de cada uno de los demas puntos para los cuales he dado ya la hora del fenómeno.

Reducidas a un mismo meridiano las horas locales observadas, como lo he hecho ántes, se obtiene por simples diferencias, el tiempo que la onda de conmocion se tardó en pasar desde su orijen, en aquella ciudad, hasta cada uno de los puntos de observacion.

Estos intervalos de tiempo i las distancias respectivas, me han servido para calcular la velocidad de dicha onda, mediante la aplicacion de la fórmula correspondiente de la mecánica.

En el cuadro que sigue he reunido los resultados de todos los cálculos a que me he referido.

LOCALI- DES	HORA MEDIA LOCAL	HORA MEDIA DE LA LIGUA	DIFERENCIA	DISTANCIAS A LA LIGUA	VELOCIDAD POR SEGD.
	h. m. s.	h. m. s.	m. s.	métros	metros.
Serena.....	2 27 50.0	2 28 10.0	8 25.6	282860	559
O'Higgins..	2 11 44.0	2 25 20.0	5 35.6	324994	852
Ligua.....	2 19 44.4	2 19 44.4	0 00.0	000000	000
Quillota....	2 21 21.0	2 21 28.0	1 43.6	46568	450
San Felipe.	2 24 9.9	2 22 6.9	2 22.5	60347	423
Valparaiso..	2 20 50.0	2 22 28.0	2 43.6	72710	444
Santiago....	2 26 20.0	2 24 10.4	4 26.0	123135	462
Talca.....	2 25 33.6	2 27 35.6	7 51.2	334025	708
Parral.....	2 26 30.0	2 28 55.0	9 10.6	412231	749
Concepcion.	2 22 52.4	2 30 25.4	10 41.0	499994	780

Cuando inicié mis estudios sobre el temblor de que me ocupo, estaba mui léjos de imaginarme resultados semejantes a los que se encuentran en la última columna de este cuadro.

Parece a primera vista que el movimiento de las ondas séismicas deberia ser retardado, es decir, que su velocidad disminuiria a medida que aumentara la distancia i el tiempo; en atencion a que ellas se presentan como el efecto de una accion mas o menos instantánea, i a que necesitan gastar cierta cantidad de fuerza en vencer la inercia de la inmensa cantidad de rocas que ponen en violenta agitacion durante su marcha.

El sacudimiento del 7 de julio demuestra, al contrario, que, al ménos en lo que a él se refiere, ese movimiento, léjos de ser retardado, fué visiblemente acelerado.

No debo disimular que este hecho, del todo nuevo para mí, i en apariencias contrario a las leyes de la física, me sorprendió de tal modo, que si no hubiera estado plenamente seguro de la fijacion de la hora, lo habria considerado como efectos de observaciones inexactas, que no debia tomar en cuenta en estos apuntes.

En el lugar correspondiente he indicado la manera cómo procedí i todas las precauciones que tomé, para obtener con la mayor exactitud posible la hora en que el temblor se hizo sentir en diversas localidades. También he hecho ver que los errores que existirán en las horas que he aceptado, deben hallarse comprendidos entre límites tan estrechos, que no podrán influir de un modo apreciable en los resultados.

Es, pues, imposible suponer que aquella aceleracion pueda ser producida por estos pequeñísimos errores.

No es fácil admitir tampoco, que dichos errores, grandes o pequeños, se hayan combinado casualmente, entre sí, de tal modo, que llegaran a determinar la regularidad casi perfecta que existe entre los números que forman la última columna del cuadro precedente.

Si la lei que siguen aquellos resultados no es efecto de la casualidad, ni de errores cometidos en las observaciones, no puede ménos que aceptarse como un hecho positivo, el movimiento acelerado de las ondas producidas por el sacudimiento de julio, dentro de ciertos límites de nuestro territorio.

En las ciencias de observacion no es bastante el estudio de un solo hecho, como se sabe, para deducir de él leyes jenerales; porque podria suceder muy bien que el único hecho observado resultara de una modificacion escepcional del fenómeno, debida a circunstancias accidentales que pueden obrar en algunos casos, junto con las causas constantes de éste.

Ateniéndome a las varias e importantes obras de sabios ilustres en que se han estudiado los temblores de tierra i que he podido consultar, es ahora la primera vez que han podido recojerse datos bastantes para investigar con alguna seguridad la manera como se propagan las sacudidas sobre la superficie del globo.

A causa de esto i conforme a lo que he dicho ántes, mientras no vengán nuevos i numerosos hechos a manifestar la naturaleza del movimiento que imprimen al suelo las palpitations terrestres,

no es posible admitir como jeneral la lei que siguen los resultados que encontré para la velocidad de la onda en el temblor de julio.

Antes de ocuparme de estudiar mas de cerca estos resultados, creo conveniente trascribir las escasas noticias que se dan sobre la materia en algunas de las obras aludidas, para que se puedan apreciar mejor las conclusiones a que llegaré mas tarde.

VI

Entre los trabajos mas notables que se han dado a luz sobre los temblores de tierra considerados "en sus relaciones jenerales con la fisica del globo," se destaca en primera línea el que Humboldt consignó en el primer tomo de su inmortal i conocida obra, el *Cosmos*.

En este trabajo, que a merecido hasta aquí, i que seguirá mereciendo el honor de ser citado con respeto por todos los autores que han tratado o que mas tarde traten la misma materia, el sabio aleman, refiriéndose a la velocidad de las ondas terrestres, solo dice lo que sigue: "La sacudida se propaga ordinariamente en línea recta u ondeada a razon de mas de 7 a 8 leguas por minutos: a las veces se estiende a la manera de las olas, i forma círculos de conmocion en los cuales se propagan los sacudimientos desde el centro a la circunferencia, pero disminuyendo de intensidad." (1)

A la época en que Humboldt escribió su obra citada, faltaban casi por completo los medios de que ahora disponemos, para fijar con precision el instante en que un mismo temblor se hacia sentir en diversos puntos de la superficie conmovida; de manera que esas velocidades deben ser resultado de apreciaciones mas o ménos aproximadas a la verdad, pero que están mui léjos de dar alguna idea de la naturaleza del movimiento o del modo como éste se propaga sobre el suelo. Es de notar, sin embargo, que las velocidades obtenidas por ese eminente sabio, corresponden perfectamente al término medio de las que yo he encontrado hasta Concepcion, al sur i hasta la Serena al norte de la Ligua, en el temblor del 7 de julio.

Con datos mas numerosos i en parte mas exactos, ha hecho

(1) *Cósmos*, tomo I, páj. 216. Traducción al castellano de don F. Diaz Q.

Reclus un interesante i estenso estudio de las convulsiones de nuestro planeta en su obra titulada *La Terre*. En ella, tratando de la velocidad con que se trasmite el movimiento, dice:

“En cuanto a la velocidad de propagacion de las ondas terrestres es todavia mui dificil evaluarlas a causa de la falta de precision en las noticias trasmitidas i de la irregularidad de los relojes en las diferentes ciudades. Desde 1853, época en la cual se aplicó por la primera vez el telégrafo eléctrico para indicar las sacudidas del temblor de Soleure, se dispone de un medio casi seguro para fijar el momento del paso de las ondulaciones terrestres en las diversas localidades; pero hasta ahora solo se ha empleado escepcionalmente, i con mucha frecuencia han sido desatendidas algunas de las condiciones de exactitud.

“Las noticias incompletas recojidas por Otto Volger sobre el gran temblor de Viege en 1855, le permitieron fijar de un modo aproximado la velocidad de las sacudidas: ella habia sido de 872 metros por segundo, desde el centro de vibracion hasta Strasbourg, i de 426 metros solamente, en la direccion de Turin. Mr. Mallet, despues de sus célebres esperiencias sobre la velocidad de propagacion de los sacudimientos en las rocas de Holyhead, hizo investigaciones comparativas sobre la velocidad de las ondas respecto del gran temblor de Calabria, en diciembre de 1857, i encontró en término medio, 236 metros por segundo. Despues de esta época, observadores ingleses establecidos en Travancore, al sur del Indostan, han evaluado la marcha de las ondulaciones de un sacudimiento local en 200 metros próximamente. El resultado de los cálculos varia así, en la proporcion de 1 a 4, i es imposible indicar un valor medio para la propagacion de las ondas terrestres; lo que hai de cierto es que la rapidez, lo mismo que la fuerza i la direccion del movimiento, difieren segun la naturaleza de las rocas i la disposicion de las cadenas de montañas i de los valles. Segun los señores Dollfus i Montserrat, los temblores de Guatemala se propagan casi siempre en direccion perpendicular al eje de la cadena de volcanes.” (1)

Mas completos, i no ménos interesantes que los de Reclus, son los estudios hechos por Vézian sobre los temblores de tierra

(1) Reclus, *La Terre*, segunda edicion, páj. 686.

en su obra titulada *Prodrome de Geologie*. Ocupándose en ella de la velocidad con que se propagan las ondas sísmicas sobre la costra terrestre, dice lo que sigue:

“Por lo que toca a la velocidad de propagacion de la onda sísmica, ella es estimada por Humboldt en 4 o 5 miriámetros por minuto, es decir, de 660 a 830 metros por segundo. Esta velocidad ha sido apreciada, para el temblor de tierra de Lisboa, en 7 leguas por minuto, por consiguiente, en 500 metros por segundo, con corta diferencia. M. Ch. Deville ha calculado que, en el temblor de tierra de Pointe à Pitre, en 1843, el movimiento se transmitió, respectivamente, a Cayene, a Santa Cruz i a Santo Tomás, con una velocidad de 3788 metros, 925 metros i 2566 metros por segundo, en término medio 2426 metros. M. Ch. Deville hace notar que estas diversas apreciaciones no pueden tener un valor irrecusable; la hora en la cual el sacudimiento se hace sentir en cada localidad no se conoce siempre de un modo exacto; uno no está jamas seguro de comparar las mismas fases de un fenómeno que no se presenta en todos los lugares con la misma duracion; hai igualmente indecision sobre el trayecto segun el cual se propaga la onda. M. Perrey, profesor de la facultad de ciencias de Dijon, espresa tambien la duda de que se pueda formular una proposicion respecto a la velocidad con que se propagan las sacudidas, miéntas no sean mas exactos nuestros medios de observar el tiempo i, suponiendo éstos ménos imperfecto, miéntas no sean de un uso mas jeneral. Es necesario, pues, aguardar nuevos descubrimientos para poder formarse una idea precisa de la velocidad de propagacion de la onda sísmica.” (1)

Al poner los unos al lado de los otros los pocos datos que he podido encontrar sobre la velocidad con que se transmiten de un punto a otro los temblores de tierra; no dejaré de insertar los que obtuvo el señor Domeyko en 1869, estudiando el gran terremoto que asoló una parte del Perú el 13 de agosto de 1868. En la estensa memoria que publicó con motivo de este terremoto a principios de ese año en les *Anales* de nuestra Universidad, el sabio rector de esta corporacion se espresa de la manera siguiente, al tratar de la rapidez con que se propagó el sacudimiento:

(1) A. Vézian.—*Prodrome de Geologie*, tomo II, pág. 235 i 236.

“Ahora si se toma en cuenta la poca seguridad con que se fija el momento en que se hace sensible el primer movimiento del suelo en un terremoto, como el del 13 de agosto, que *principió* por oscilaciones mui suaves i casi sin ruido alguno, podemos admitir que el primer remezon del continente demoró *ocho* minutos para llegar de Arica a Lima, distantes poco mas o ménos 1040 quilómetros i *catorce* minutos para recorrer la de mil quilómetros, espacio comprendido entre Arica i Copiapó.

“Parece, pues, que el movimiento de la tierra firme se propagó con mayor rapidez del sur al norte o mas bien, de sureste a noroeste que en el sentido contrario, es decir, de nor-noroeste a sur sureste o del norte al sur. El cálculo mas aproximativo nos dá para la velocidad de la propagacion del movimiento en la direccion de sureste a noroeste 125 a 130 quilómetros por minuto i por la de norte a sur 70 a 172 quilómetros por minuto.” (1)

Segun estos resultados, el terremoto del 13 de agosto de 1868 se propagó en la direccion del S. E. al N. O. con una velocidad media de 2125 metros por segundo, i en la del N. al S. con una velocidad media tambien, de 2017 metros por segundo. Pero, como lo espresa el señor Domeyko, parece que no existen observaciones suficientemente exactas respectó de la hora en que se verificó aquel fenómeno en distintos puntos de la superficie conmovida, de manera que estos valores se hallan en el mismo caso de los que he insertado ántes, calculados por Deville, respecto del temblor que tuvo lugar en la Guadalupe en febrero de 1843.

Otro estudio mui importante sobre la velocidad de propagacion de la onda séismica en el terremoto de agosto de 1868, es el ejecutado por Hochstetter, que ha servido de base al doctor Fonck para su interesante memoria titulada “Las agitaciones oceánicas causadas por el terremoto de 13 de agosto de 1868,” publicada en el *Anuario de la Oficina Cantral Meteorolójica de Santiago*; correspondiente a 1870. (2)

De los cálculos i apreciaciones de Hochstetter resulta que la velocidad media con que la onda séismica recorrió el océano, hasta las distancias de 4057 a 7380 millas marítimas de Arica,

(1) *Adales de la Universidad de Chile*, tomo XXXII, pájs. 39 i 40.

(2) Véase el libro citado, páj. 171 i siguientes.

fué de 370 millas por hora, o sea, de 191 metros por segundo.

Hochstetter, lo mismo que Domeyko, ha considerado a Arica como el punto de partida del sacudimiento del 13 de agosto: pero mientras que el primo acepta que el instante inicial del fenómeno correspondió a las 5 horas P. M. en tiempo medio de Arica, el segundo admite que el primer choque tuvo lugar a la 5 h. 15 m. P. M. de esta misma clase de tiempo. Por otra parte, los valores obtenidos por Domeyko, cuyo término medio es de 2071 metros por segundo, se refieren a distancias relativamente muy pequeñas del centro de conmoción, i los hallados por Hochstetter, al contrario, se refieren a inmensas distancias, casi hasta el límite mismo a donde podían hacerse sensibles las agitaciones del océano.

“Era de presumir, dice el doctor Fonck en su memoria citada, que la onda no debía marchar en todas las direcciones del océano con igual rapidez, ni que ésta podía ser igual para las diferentes secciones de una misma línea. Así, vemos que corrió con mayor velocidad en dirección a las islas de Sandwich que en la de los otros puntos del compas.

“De otra parte tenemos en los apuntes relativos a las islas de Chatham i Lyttelton, puntos situados con Arica en una misma dirección, un ejemplo de que la celeridad de la onda varía mucho en las diversas secciones del camino. Mientras la ola recorrió el trecho largo de Arica a las islas de Chatham a razón de 360 millas por hora, anduvo del último punto a Lyttelton a razón de solo 120 millas por hora. Habiendo parecido enorme, pues, a primera vista la diferencia en la velocidad anotada para uno i otro punto, ésta se explica muy satisfactoriamente al tener presente que la ola echó 4 horas para recorrer las 600 millas que hai de la isla de Chatham a Lyttelton, i que este retardo local modificó la velocidad que por término medio corresponde a la distancia total.”

A primera vista podrían considerarse como incompatibles los valores que he insertado mas arriba, obtenidos por los señores Domeyko i Hochstetter, para la velocidad de la onda sísmica en el terremoto de 1868; pero los hechos que acabo de apuntar, los que considera el doctor Fonck en el párrafo anterior i la circunstancia de referirse los resultados de Domeyko a la onda terrestre

i los de Hochstetter a la onda líquida del océano manifiestan que, tal incompatibilidad no existe. Mui al contrario, aquella discrepancia en los resultados pone en evidencia, por una parte, un hecho mui natural: tal es que la velocidad con que se propaga el movimiento, conforme a las leyes de la mecánica, es mucho mayor cerca del orijen de éste que a una gran distancia; i por otra, parece demostrar que esa velocidad es mayor en la parte sólida que en la parte líquida de nuestro planeta.

Esta hipótesis se halla confirmada por un hecho bastante decisivo.

Segun los datos recojidos i publicados por el señor Domeyko en el trabajo a que ántes me he referido sobre el terremoto del Perú de 1868, la onda terrestre llegó a Copiapó a las 5 h. 16 m. P. M. tiempo medio del lugar; miéntras que la onda oceánica llegó a Caldera, puerto situado a mui poca distancia al N. O. de Copiapó, a las 8 horas P. M. En Caldera no se sintió temblor, pero sí varios ruidos subterráneos, el primero de los cuales se produjo a las 8 h. 30 m. P. M.

Si estas observaciones fueran exactas, resultaria que el viaje del ruido subterráneo i el de la onda líquida, se habria verificado con una velocidad de 90 a 100 metros por segundo entre Arica i Caldera.

Es sabido que en los líquidos i en los sólidos el sonido se propaga con una velocidad mui superior a la con que se trasmite en el aire. De esto se sigue, evidentemente, que esos resultados no son de ninguna manera aceptables, i que las observaciones de que se derivan deben estar afectadas de graves errores. Pero por grandes que estos errores se supongan, siempre tendria lugar el hecho que, en hipótesis, he insinuado ántes.

Segun los resultados que dejo apuntados, las velocidades que se han obtenido para las ondas séismicas en diferentes temblores, han variado entre 200 metros por segundo que, segun Reclus, hallaron en Travancore algunos observadores ingleses, i 3788 metros por segundo que, segun Vézian, encontró Deville en el temblor de la Guadalupe en 1843, entre Pointe à-Pitre i Cayene. De esto se sigue que los resultados obtenidos hasta aquí i que me ha sido posible conocer, varian próximamente en la proporción de 1 a 19. Es, pues, imposible, como dice Reclus, "indicar un valor medio para la propagacion de las ondas terrestres."

Este resultado no debe, a mi juicio, sorprendernos de ninguna manera.

Es indudable que la velocidad con que se propagan las ondulaciones del suelo, depende, entre otras circunstancias, de la naturaleza de las rocas que constituyen éste, i de la intensidad de la fuerza que ocasiona los sacudimientos. I como es casi imposible que en distintos temblores puedan concurrir de un modo idéntico estas circunstancias, se sigue que, aun suponiendo observaciones mui exactas, los valores que se encontrarán para las velocidades de las ondas de conmocion serán siempre mui diferentes, aun para una misma localidad.

No concluiré estas consideraciones jenerales sobre la velocidad de la marcha de las palpitaciones del globo, sin llamar nuevamente la atencion hácia los resultados obtenidos por Deville en el temblor de la Guadalupe que he mencionado ántes.

Las velocidades calculadas por ese sabio para la marcha de este temblor, son: 925, 2566 i 3788 metros por segundo, que corresponden respectivamente a los trayectos comprendidos entre Pointe à-Pitre, capital de la isla, i Santa Cruz, Santo Tomas i Cayene. Comparando esos números con las distancias al centro de conmocion de los puntos a que corresponden, se ve que la velocidad crece con estas distancias aunque no de un modo proporcional.

He querido llamar la atencion sobre este hecho, por la conformidad que existe entre él i los valores que yo he encontrado para la velocidad de la onda séismica en el temblor que ajitó nuestro suelo el 7 de julio del presente año.

VII.

Despues de la jornada que acabo de hacer para buscar datos que pudiesen guiarme en el estudio de los resultados de mis cálculos relativos al temblor que ha motivado estos apuntes, vuelvo a ocuparme de este fenómeno.

Ya he hecho notar, i fácilmente puede verse en el cuadro ultimo, que la velocidad con que se trasmitió el sacudimiento del 7 de julio, aumentaba con la distancia al punto de partida. I como la intensidad de las ondulaciones debe disminuir a medida que se alejan de este punto, puede formularse tambien esa lei

de esta manera: la velocidad de la onda sísmica varia inversamente a su intensidad.

Por mas que esta lei aparezca confirmada por los resultados obtenidos por Deville en el temblor de las Antillas de 1843, a que acabo de referirme, no es posible, como he dicho ántes, aceptarla como jeneral, miéntras nuevas i exactas observaciones no vengan en su apoyo.

Parece imposible, por otra parte, que aquella aceleracion de la velocidad, aun suponiendo que ella sea una lei jeneral de los temblores de tierra, pueda verificarse hasta los últimos límites del área conmovida por estos fenómenos. Para investigar lo que se verificó a este respecto en el temblor de julio, de que me ocupó, voi a examinar mas de serca los resultados de mis cálculos que he puesto en la última columna del cuadro que incerté en el número V de estos apuntes.

Esta investigacion seria mui fácil i conduciría a conclusiones precisas, si todos, o siquiera un cierto número de los puntos donde se fijó con exactitud la hora del fenómeno, estuvieran situados sobre una misma recta con la Ligua, que es la localidad en que tuvo lugar el primer choque, segun la demostracion que ántes he hecho. Mas como eso no se verifica, para hacer aquella investigacion, he recurrido a la hipótesis que paso a esponer.

Segun las observaciones mas exactas que se han ejecutado sobre los temblores, i, segun lo que debe suceder teóricamente, si éstos se efectúan en conformidad a una cualquiera de las varias teorías que se han formulado en cuanto a las causas que los producen, las ondas terrestres que ellos hacen nacer i desarrollarse, se estienden en todas las direcciones a partir del punto inicial. I si la naturaleza i la topografia del terreno es igual en todas esas direcciones, es natural admitir que dichas ondas serian circulares; o en otros términos, que éstas se propagarian en la misma forma que las que se producen en la superficie de un líquido en reposo, cuando se arroja sobre ella un cuerpo pesado.

Pero como es imposible que exista, en la jeneralidad de los casos, esa igualdad en la naturaleza i topografia del suelo, se sigue que las ondas circulares solo podrán existir escepcionalmente, i que la forma mas jeneral, como lo observa Reclus, (1)

(1) Reclus, *La Terre*, tomo I, pág. 679.

es la de una curva elíptica mas o ménos onduladas i achataadas. A pesar de esto, aceptando aquella hipótesis para el caso de que me ocupo, con el solo objeto de investigar las variaciones que esperimentó la velocidad de propagacion del sacudimiento i únicamente respecto de los puntos de observacion situados al sur de la Ligua cuyas diferencias de longitudes son mui pequeñas, no resultará un error apreciable para los valores que, apoyándome en ella, voi a determinar en seguida.

Aceptando, pues, la referida hipótesis con las restricciones que dejo indicadas, en el temblor del 7 de julio debió suceder, que en todos los puntos de la circunferencia que pasa por Santiago, por ejemplo, i cuyo centro es la Ligua, i que ademas no se encontraban demasiado léjos de esa ciudad, el sacudimiento se haria sentir en el mismo momento físico. Resulta de esto que si se trasporta imaginariamente la ciudad de Santiago al punto en que la circunferencia que pasa por ella encuentra a la recta que va de la Ligua a Talca, el intervalo de tiempo que el temblor se tardó en pasar de Santiago a Talca no alterará, i se podrá determinar con facilidad, la diferencia de las distancias de estas dos ciudades a la Ligua, bajo el supuesto de que las tres estuvieran situadas sobre una misma recta. Hecho esto, la comparacion de la diferencia de los tiempos con la diferencia de las velocidades, dará, inmediatamente, la aceleracion del movimiento en la unidad de tiempo que se elija.

Procediendo del modo que acabo de indicar con las velocidades i las distancias a la Ligua correspondientes a todos los puntos de observacion situados al sur de esta ciudad, he formado el cuadro siguiente;

LOCALIDADES.	Diferencias de las distancias a la Ligua.	Diferencias de los tiempos en que se sintió el temblor.		Aceleracion absoluta.	Aceleracion por segundo.
	metros.	m.	s.	m.	m.
De la Ligua a Quillota.....	46,568	1	43.6	----	----
„ Quillota a San Felipe....	13,779	0	38.9	-27	-0.69
„ San Felipe a Valparaiso..	12,363	0	21.1	+21	+0.99
„ Valparaiso a Santiago....	50,425	1	42.4	18	0.18
„ Santiago a Talca.....	210,890	3	25.2	246	1.20
„ Talca al Parral.....	78,206	1	19.4	41	0.52
„ Parral a Concepcion....	87,763	1	30.8	31	0.34

Era de esperar, como he indicado ántes, que la aceleracion del movimiento de la onda sísmica no seria indefinida. I en efecto, segun los números que me han resultado del cálculo para las dos últimas columnas del cuadro anterior, desatendiendo las que corresponden a la marcha de la onda entre Quillota i San Felipe, ese movimiento, en el temblor del 7 de julio, solo fué acelerado hasta un cierto limite i retardado mas allá de este.

En los cálculos relativos a esas aceleraciones, he considerado las velocidades medias del movimiento, desde la Ligua, hasta cada uno de los puntos de observacion, indicados en la primera columna de aquel cuadro. Pero como la velocidad con que se propagó el sacudimiento, aun sobre una misma direccion, variaba con la distancia al punto de partida, es indudable que aquellos valores no espresan, de un modo bastante exacto, las circunstancias del movimiento.

Para obtener, a este respecto, resultados mas precisos, es necesario seguir la onda de conmocion sobre una misma línea recta, dividir esta en diversas secciones, i estudiar, separadamente, la marcha del fenómeno en cada seccion.

Aceptando, todavia, con este objeto, la hipótesis que indiqué mas arriba i que me sirvió para calcular el cuadro último, e imaginando trasportados sobre una misma recta con la Ligua, todos los puntos en que se observó el temblor, situados al sur de esta ciudad, he podido hacer aquel estudio, considerando las secciones en que esa línea quedaria dividida por estos puntos.

Los cálculo que he ejecutado bajo esta hipótesis, me han conducido a los resultados que pongo en el cuadro que sigue.

LOCALIDADES.	Distancias segun la hipótesis.	Direccion del viaje.	Velocidad por segundo.	Aceleracion absoluta.	Aceleracion por segundo.
	metros.	m. s.	metros.	metros.	metros.
De la Ligua a Quillota.....	46568	1 43.6	450	-----	-----
„ Quillota a San Felipe....	13779	0 38.9	354	-106	-2.72
„ San Felipe a Valparaiso...	12363	0 21.1	586	+232	+11.00
„ Valparaiso a Santiago....	50425	1 42.4	492	-94	-0.92
„ Santiago a Talca.....	210890	3 25.2	1027	+535	+2.60
„ Talca a Parral.....	78206	1 19.4	985	-42	-0.53
„ Parral a Concepcion....	87763	1 30.4	971	-14	-0.15

Segun estos resultados, en el temblor de que me ocupo, la onda de conmocion recorrió la distancia desde la Ligua a Talca, con un movimiento retardado i acelerado de un modo alternativo, i la que media entre esta ciudad i Concepcion, con un movimiento constantemente retardado.

Varios jeólogos de nota i entre ellos Vézian, sostienen que en los sacudimientos de la costra terrestre se producen dos clases diversas de ondas: unas que llaman *longitudinales*, que se propagan en la direccion del eje mayor de la superficie conmovida, i otras *transversales*, cuya direccion es perpendicular a la primera. (1)

Segun los resultados de las fórmulas de Wertheim destinadas a este jénero de investigaciones, la velocidad del movimiento en las ondas de la primera clase, es doble de la que corresponde a las de la segunda.

Esta circunstancia, al mismo tiempo que esplica de una manera satisfactoria la forma elíptica que, como he dicho ántes, se ha reconocido en las áreas conmovidas por los temblores de tierra, puede esplicar tambien, en parte, los cambios de signos que me han resultado para la aceleracion del movimiento entre la Ligua i Talca, en el que tuvo lugar el 7 de julio de 1873.

Las ciudades de San Felipe i Valparaiso se hallan situadas sobre una transversal a la recta que se dirige al sur pasando por la Ligua i por Quillota, una al oriente i la otra al occidente de esta recta, i a bastante distancia de ella relativamente. Atendida esta situacion, si las fórmulas de Wertheim son exactas, el temblor debió comunicarse a aquellas dos ciudades mediante la supuesta onda transversal, i, por consiguiente, con una velocidad menor que la con que el mismo fenómeno fué propagado hasta Quillota por la onda longitudinal.

Comparando las velocidades que he obtenido con relacion a estos puntos i que he consignado en la última columna del cuadro que puse en el número V, se vé que el sacudimiento se transmitió, efectivamente, con mayor rapidez desde la Ligua a Quillota, que desde la primera de estas ciudades a San Felipe i a Valparaiso. Pero en contra de este hecho que parece confirmar aquella

(1) Vézian, *Prodrome de Géologie*, tomó II páj. 318 i siguientes.

hipótesis, se vé tambien en la misma columna del mismo cuadro, otro que la contradice.

En efecto, se recordará que en el momento del temblor, la corbeta *O'Higgins* se encontraba al occidente i casi sobre el paralelo de la Ligua; de manera que el punto del océano ocupado por el buque, debió ser conmovido por la onda transversal, i esta, segun la hipótesis, debía marchar con ménos velocidad que la longitudinal que trasmitió las sacudidas al norte i al sur de esa ciudad. Pero léjos de suceder esto, segun los datos que he transcrito en el lugar oportuno, el temblor se comunicó hasta la *O'Higgins*, con una velocidad media mui superior a la que he encontrado para otros puntos situados a igual distancia al sur del punto de partida.

En presencia de estos hechos contradictorios con relacion a la desigual velocidad de las dos ondas supuestas por Fresnel, habria preferido buscar en la constitucion jeolójica i en la topografia del terreno, la esplicacion de las irregularidades que he hecho notar respecto de los números que forman las dos últimas columnas del último cuadro. Pero me he visto obligado a abandonar estas interesantes investigaciones, por no haber podido obtener un mapa jeolójico, ni siquiera topográfico de la localidad.

El cuadro anterior ha sido calculado bajo el supuesto de que todos los puntos de observacion estuviesen situados sobre una misma recta con la Ligua, o mas exactamente, bajo la hipótesis de ser circulares las ondas de conmocion; mas, como en rigor, esta hipótesis no se verifica, de su aceptacion en los cálculos de que vengo ocupándome, resutarán algunos errores cuyas mayores magnitudes recaerán sobre aquellos puntos que, encontrándose próximos al punto de partida del sacudimiento, se aléjan mas de la línea que puede considerarse como el eje de la superficie determinada por los puntos de observacion.

Estas circunstancias que tienen lugar respecto de San Felipe i de Valparaiso, i aun respecto de Santiago, aunque en menor escala, influirán naturalmente, de una manera mas o ménos considerable, sobre algunos de los valores de las aceleraciones que he puesto en aquel cuadro, i, al ménos en parte, determinarán tambien las irregularidades que en ellos existen i que he hecho notar antes.

Repitiendo los cálculos sin considerar las dos primeras de esas ciudades, por el motivo que acabo de apuntar, he encontrado

para las velocidades i para la aceleracion del movimiento, los valores que siguen:

LOCALIDADES.	VELOCIDAD. POR SEGUNDO.	ACELERACION POR SEGUNDO.
	metros.	metros.
De la Ligua a Quillota.....	450	-----
„ Quillota a Santiago.....	471	+ 0.14
„ Santiago a Talca.....	1027	+ 2.60
„ Talca a Parral.....	985	- 0.53
„ Parral a Concepcion.....	971	- 0.15

De cualquier modo que se consideren los resultados a que me ha conducido el estudio del temblor del 7 de julio, siempre se encontrará que, hácia el sur, su marcha fué acelerada hasta un cierto limite cuya situacion, probablemente, no se apartaría mucho de Talca.

VIII.

En presencia de los nuevos elementos que el temblor de que me ocupo nos ofrece para el estudio de las convulsiones a que está sometido nuestro planeta, i en ausencia de toda causa esterna, ya sea en la atmósfera, ya en los astros, necesitamos trasportarnos imaginariamente, al interior de la tierra, para buscarles, aunque sea en hipótesis, una esplicacion plausible.

“Cualquiera que sea la naturaleza del primer choque, dice Reclus, en su obra ántes citada, ya provenga de una súbita esplosion de lavas o de vapores, ya sea causado por el derrumbamiento de capas superiores sobre las inferiores; el efecto será siempre el mismo para los observadores colocados encima del punto en que se inicia el fenómeno: ellos esperimantarán un sacudimiento vertical. Ellos mismos, bajando con el suelo, podrán creerse sollevados, de la misma manera que el aeronauta, cuyo globo se presipita a la tierra, ve los campos elevarse hácia él. En torno del punto central en que el choque tiene lugar con toda su violencia, este se hace sentir verticalmente, de un modo mas o ménos desor-

denado segun el número de las sacudidas. Al propagarse por las capas terrestres, los movimientos se harán mas i mas oblicuos, concluyendo por alcanzar una direccion sensiblemente horizontal. El fenómeno de ondulacion que se produce en las rocas omojéneas, tiene una analogía completa con el que se observa en las aguas por la caída de una piedra: una série de ondas concéntricas se desarrollan en torno del centro del sacudimiento, que van debilitándose poco a poco i se pierden a cierta distancia.

“Las ondas terrestres que se forman de este modo son mui largas i mui achatadas, a causa de la naturaleza poco flexible de las rocas al travez de las cuales se trasmite el movimiento. Por lo demas, no existe una sola medida auténtica de la cual puedan deducirse las dimensiones de cada onda: se las siente pasar rápidamente debajo de los piés durante los temblores de tierra, se puede ver tambien, con mucha frecuencia, la oscilacion de las casas i de las torres, así como el vaiven de las campanas en las iglesias; pero estos movimientos son mucho mas marcados que los del suelo, cuyas ondulaciones en ninguna ocasion se han podido distinguir de un modo preciso. (1)

Esta hipótesis, que parece incontestable en lo que se refiere a la direccion i al sentido en que se propagan las sacudidas de la costra terrestre, esplica de la manera mas satisfactoria, entre otros, un hecho constantemente observado; tal es, que en un mismo temblor, el movimiento es vertical en una estension mas o ménos reducida con relacion al área total abarcada por el fenómeno, i que, fuera de esta estension, que es tambien en la que se producen mayores estragos, la direccion de las sacudidas es mas i mas oblicua, a medida que aumenta la distancia al punto de partida; i la direccion, lo mismo que el sentido, en que el movimiento se propaga sobre la superficie del globo, variarán con la situacion del punto en que se halla colocado el observador relativamente al centro, pero correspondiendo siempre a los radios que parten de este centro, si ninguna circunstancia local, como la constitucion o el relieve del terreno, viene a modificar el movimiento.

Por lo que toca al temblor del 7 de julio, único de que me he propuesto tratar en estos apuntes, las observaciones que he comunicado ántes (núm. III), i que fué posible hacer, sobre el sentido

(1) Reclus; *La Terre*, tomo I, páj. 678 i 679.

i la direccion del moviento en la superficie de la tierra, corresponden con pocas escepciones a esa teoria.

En la Serena, punto situado al norte de la Ligua i mui poco al oxidente del meridiano de esta ciudad, la observacion indica que la marcha del temblor fué del SE. al NO. Segun la teoria debia propagarse mas próximamente en la direccion i en el sentido del S. al N; pero no debe olvidarse que nuestros observadores, como he dicho ya en varias ocasiones, no disponen de ningun medio que les permita observar de un modo preciso éstos fenómenos, i que estan obligados a conformarse con lo que les indican sus impresiones personales. Atendiendo, por una parte, a esta circunstancia, i por otra, a que la onda pudo sufrir algun desvio en su marcha entre la Ligua i la Serena, es fácil darce cuenta de ese pequeño desacuerdo entre la teoria i la observacion.

Segun el teniente Ferrari, en el punto del Océano ocupado por la corbeta *O'Higgins* en el momento del temblor, punto situado al occidente i casi sobre el paralelo de la Ligua, el movimiento de la onda fué de N. a S; pero segun otros oficiales del mismo buque, que comunicaron sus observaciones al comandante Vidal Gormaz, el movimiento se verificó en la direccion del E al O. Esta observacion se halla en perfecto acuerdo con lo que teóricamente debia suceder, i es, por consiguiente, la que considero aceptable.

Respecto de Valparaiso, puerto situado al S O. de la Ligua, he tenido tres comunicaciones distintas en cuanto a la propagacion de la onda séismica. Segun el señor Adrover, la marcha de las sacudidas se verificó en el sentido del E. al O.; segun el señor Krahnass, en el del N. al S. i segun el señor Vidal Gormaz, siguió este mismo rumbo despues de algunos segundos de palpitations verticales.

Estos tres observadores i otras personas que he consultado sobre el particular, estan de acuerdo en afirmar que la mayor violencia del sacudimiento tuvo lugar en los primeros segundos de su duracion, en cuyos momentos, es de suponer, se producirian tambien las ruinas de que ántes he hecho mencion. Segun esto, la caida de los cuerpos, si las sacudidas eran verticales, debió efectuarse en todas las direcciones del compas. Pero el señor Vidal Gormaz, que estudió personalmente este punto, en la carta que me dirijió sobre la materia i que he insertado entre las notas, me dise lo que sigue:

“En las casas i almacenes, los objetos derribados miraban ordinariamente hácia el norte o próximo a este rumbo, manifestando así que el primer impulso lateral del temblor habia venido de aquella parte.”

Para admitir, despues de conocer estos hechos, la existencia del sacudimiento vertical en Valparaiso, sería necesario admitir tambien que la caída de los objetos a que se refiere el señor Vidal Gormaz, no se verificó durante la mayor fuerza del temblor, sino despues de pasada esta, cuando esos objetos, removidos en sus asientos por las primeras i mas violentas palpitaciones del suelo, experimentaron las oscilaciones horizontales u oblicuas. Esta hipótesis sería perfectamente aceptable, si en Quillota i en San Felipe, que están situadas mas cerca que Valparaiso del centro de conmocion, se hubieran producido tambien sacudidas verticales. Pero segun todos los datos que he podido obtener de esos puntos, en ellos no se hizo sensible esta clase de movimiento; resultando de aquí, que si no hai errores en las apreciaciones de los observadores de aquellas ciudades, no es fácil esplicarse la direccion vertical del movimiento en Valparaiso.

Segun las observaciones del señor Adrover la marcha del temblor en este puerto fué en el sentido del E. al O., i segun las de los señores Vidal Gormaz i Krahnass, en el del N. al S. proximate. Atendiendo a los hechos en que estos señores apoyan su observacion, hechos que se hallan consignados en las cartas que he insertado en las notas, parece indudable que son inexactos la duracion i el sentido señalados por el señor Adrover para la marcha de la onda en el punto de que me estoy ocupando.

En las interesantes observaciones del señor Krahnass que me comunicó el rector del Liceo de Valparaiso, se encuentra un hecho mui importante, i, segun parece, mui bien observado, que basta, por si solo, para indicar la direccion segun la cual la onda sísmica pasó por nuestro primer puerto.

En la parte de la carta del señor Adrover en que este me transcribe las observaciones del señor Krahnass, se lee lo siguiente:

“A las 2 h. 30 m. he visto mi gran péndulo cuya longitud teórica es de 1 metro 185 milímetros oscilar 11 centímetros en su estremidad situada a 1 metro 37 centímetros del punto de suspension. El péndulo se hallaba inmóvil en el momento del temblor por que el reloj estaba parado; luego toda la oscilacion es debida al temblor.”

“El plano de oscilacion era de 8 a 9 grados al N E. del plano del meridiano verdadero (observacion hecha con la brújula).”

Esta observacion indica sin dejar lugar a duda, que la direccion del movimiento no era precisamente del N. al S, sino que formaba con éste rumbo un ángulo de 8 a 9 grados, a lo menos, hácia el occidente del meridiano. Si se toma en cuenta el sistema de suspension que se emplea por lo jeneral en los péndulos de los relojes, sistema que no les permite oscilar libremente sobre un plano cualquiera; es fácil admitir que el péndulo del señor Krahnass, ligado, como debia estar, a un cierto plano fijo de oscilacion, no se pondria en movimiento, con toda exactitud, sobre el plano normal de la onda, sino que se desviaria mas o ménos de este. Es, pues, posible que un péndulo libre hubiera oscilado mas proximamente que el del señor Krahnass, en la direccion del N E. al S O. que es la que, segun la teoria espuesta mas arriba, debió seguir el temblor en Valparaiso.

Prescindiendo de la observacion, sin duda inexacta, de San Fernando, los rumbos observados en todos los demas puntos, corresponden de un modo preciso con lo que indica la referida teoria, la cual se halla asi plenamente confirmada por el temblor del 7 de julio.

Como lo indica el señor Adrover al terminar su carta a que tantas veces me he referido, se cree por algunos en Valparaiso, que en esta localidad se presentó tambien en ese temblor, el movimiento circular que en varias ocasiones se ha creido reconocer en las convulsiones terrestres. Igual afirmacion hacen varios vecinos de *Llai Llai*, fundándose en que, segun dicen, jiró un poco sobre su eje la columna erijida en ese punto en honor del distinguido patriota, don Manuel Rodriguez.

Sin negar la existencia de este hecho, ni la de otros que invocan los que creen que tambien hubo en Valparaiso esa clase de movimiento, por mas que tales hechos no se encuentren debidamente comprobados, yo no considero aceptables, en jeneral, las sacudidas jiratorias que se suponen pueden producir los temblores de tierra, tanto por que en estos fenómenos no pueden existir las condiciones que son necesarias, segun las leyes de la mecánica, para que ese movimiento se produzca, cuanto por que los hechos que han dado origen a la hipótesis en cuestion, pueden explicarse con facilidad sin recurrir a ella.

Ni el fin que me he propuesto al redactar estos apuntes, ni el tiempo de que puedo disponer, me permiten ahora ocuparme de la discusion de este punto. Mas tarde espero que me será posible tratar la materia, en un trabajo especial, junto con un exámen que tambien me propougo hacer, de las varias teorías que se han ideado respecto del orijen de los temblores de tierra.

En cuanto a las causas que han podido deteminar la aceleracion del movimiento en el temblor que ha motivado el presente trabajo, espondré mis ideas en mui pocas palabras, i sin pretender, de ninguna manera, que ellas sean la espresion de la verdad.

Si los sacudimientos terrestres fueran el resultado de la accion de una fuerza que obra instantáneamente, es indudable, en virtud de las leyes de la mecánica, i tomando en cuenta las resistencias que la fuerza necesita vencer, que el movimiento que imprimiría al suelo sería retardado desde su orijen.

La primera consecuencia que se deriva, segun esto, de la aceleracion del movimiento en el temblor del 7 de julio, es que la fuerza que lo produjo no fué instantánea, sino que obró de un modo continuo, o por impulsiones sucesivas pero infinitamente próximas, durante un cierto tiempo.

Por otra parte, esa misma fuerza no debió obrar sobre un solo punto, sino sobre una estension mas o ménos considerable de la corteza de nuestro globo; i su primer estallido, o sea, su primera accion dinámica esterna, se produciría en la parte mas débil de esta, pero sin dejar de obrar sobre todos los demas puntos de esa estension. Roto así el equilibrio en un espacio relativamente pequeño, las vibraciones debieron comunicarse en todas las direcciones del compas, con una cierta velocidad dependiente solo de la intensidad del primer choque; pero como despues de este i segun lo que dejo dicho, la fuerza siguió ejerciendo su accion, no solo en el punto de partida del sacudimiento, sino tambien en una área considerable al rededor de él, es de suponer que esta accion continua obraria i produciria los efectos de una fuerza aceleratriz, durante algun tiempo i dentro de cierto espacio.

IX.

No terminaré estos apuntes sin manifestar una vez mas, que estoi mui lejos de considerar como jenerales los resultados que he

obtenido para el temblor del 7 de julio i que he apuntado en las páginas anteriores. Pero, a pesar de esto, espero que mis observaciones i mis cálculos tendran, a lo ménos, el mérito que resulta de llamar la atencion del mundo científico hácia un punto de la fisica del globo que hasta aqui ha sido mal estudiado, i cuya importancia no es posible poner en duda.

Para que se pueda apreciar la relacion que pudo existir entre aquel fenómeno i los que cada dia se verifican en la envoltura gaseosa de nuestro planeta, pongo a continuacion los resultados de las observaciones meteorológicas practicadas en diversos puntos de la República, durante los primeros quince dias del mes en que el temblor tuvo lugar.
