

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

DIRECTOR D^r JUAN HARTMANN

CONTRIBUCIONES GEOFÍSICAS. — Tomo II, N° 2

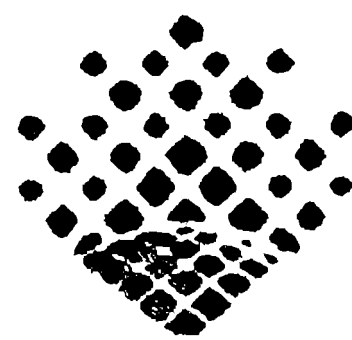
EL
TERREMOTO ARGENTINO-CHILENO

DEL 14 DE ABRIL DE 1927

POR EL

D^r P. A. LOOS

(CON 7 LÁMINAS)



BIBLIOTECA
Facultad de Ciencias
**Astronómicas
y Geofísicas**
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
Inventario 335

LA PLATA
OBSERVATORIO ASTRONÓMICO

—
1928

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

DIRECTOR D^r JUAN HARTMANN

CONTRIBUCIONES GEOFÍSICAS. — Tomo II, N^o 2

EL
TERREMOTO ARGENTINO-CHILENO

DEL 14 DE ABRIL DE 1927

POR EL

D^r P. A. LOOS

(CON 7 LÁMINAS)



LA PLATA
OBSERVATORIO ASTRONÓMICO

—
1928

Imprenta y Casa editora Com. Perú, 684. Buenos Aires

EL TERREMOTO ARGENTINO-CHILENO

DEL 14 DE ABRIL DE 1927

I

Los efectos observados en la Llanura Mendocina

El Jueves Santo de 1927 es una fecha memorable en la Historia Sísmica Argentino-Chilena, no tanto por el alto grado de intensidad con que el temblor sacudió nuestro suelo, sino por la ubicación del epicentro y por las consecuencias excepcionales que él produjo a ambos flancos de la Cordillera de los Andes.

A las 2^h23^m de la madrugada del día 14 de abril, en mi habitación en Godoy Cruz, fui bruscamente despertado del sueño por un fuerte movimiento de tierra que hizo estremecer y balancear mi casa en dirección W-E. Desde el primer momento tuve la impresión de que se tratara de un temblor de mayor distancia, porque las oscilaciones se asemejaban más bien a las observadas aquí durante los terremotos de Valparaíso 1906 y de Vallenar 1922, pero no a las del fuerte temblor mendocino del 12 de agosto de 1903. Mi opinión fué aun robustecida al ver que en todas las piezas de habitación, los pesados artefactos de la luz eléctrica pendulaban en un plano orientado de W a E con una ligera inclinación hacia el NW. Después de 80 segundos, más o menos, el fenómeno cesó, y pocos minutos después se levantó un viento frío que obligó a los refugiados a retirarse a sus respectivas habitaciones. Registrando detalladamente la casa, no pude notar ningún desperfecto, ningún objeto caído; sólo el gran reloj de péndulo, de un metro de largo que oscilaba en un plano W-E se había parado.

A la mañana siguiente fui sorprendido por la noticia de que una gran parte de Mendoza había caído en ruinas. No quería dar fé al rumor; pero grande fué mi consternación al ver el desastre, pues jamás me hubiera imaginado que tan cerca de mi casa donde había presenciado el temblor, éste pudiera tener consecuencias de catástrofe. Visité primero la parte alta de la Capital, que es la que se edificó después del terremoto de 1861, para dirigirme enseguida a la ciudad vieja, adonde se conservan aún las ruinas de los templos de San Francisco, San Agustín etc., creyendo encontrar allí todas las casas demolidas por el terremoto. (Véase lámina VI.)

Una nueva sorpresa, pero esta vez agradable, me esperaba; pues la ciudad vieja, que en todos los grandes acontecimientos sísmicos, como ser el Terremoto de Santa Rita (1782), el Terremoto de 1861 y el fuerte temblor del 12 de agosto de 1903, había sido la parte más damnificada, salió ilesa de la catástrofe actual. Mientras tanto la ciudad nueva, más alta y considerada siempre como la parte más segura, porque el terremoto de 1861 la había afectado poco, presentaba esta vez deterioros graves. La Iglesia San Nicolás completamente destruída, sus campanas tiradas a la calle Sarmiento; las calles orientadas de N a S, próximas y paralelas a la vía del Ferrocarril Pacífico, casi intransitables a causa de los escombros que cubrían las veredas y parte del pavimento; en fin, un cuadro de destrucción horrible. Cuando ví todo esto, me dí cuenta de que me encontré frente a un fenómeno no observado aún en Mendoza, que aquí se trataba de un problema nuevo.

Durante los días subsiguientes me empeñé en ampliar las investigaciones, recorriendo los Departamentos de Luján, Godoy Cruz, Maipú y Las Heras⁽¹⁾, y en pedir datos de los Departamentos más alejados de la Capital. La recopilación de los materiales recogidos fuera de la Capital dió resultados semejantes a los obtenidos en la Ciudad misma, es decir, que las líneas sísmicas ya conocidas y estudiadas con motivo de terremotos y temblores anteriores (1861, 1894, 1903 y 1920), que entonces representaban las líneas de menor resistencia y, a la vez, de mayor destrucción, no habían reaccionado y no habían participado en el último movimiento del 14 de abril; se veía entonces que las fracturas o fallas transversales de la Precordillera, responsables de las catástrofes anteriores, esta vez han quedado fuera de combate.

Contrariamente a lo que se había establecido por los estudios de sismos locales dentro de la Provincia de Mendoza, los mayores deterioros del último temblor se condensan en una faja de terreno angosta, orientada en dirección de S a N, la cual, partiendo desde el extremo meridional de la ciudad nueva (Calle Pedro Molina), atraviesa la Capital paralelamente a la línea férrea del Ferrocarril Pacífico, sigue con el mismo rumbo a través de la Villa Las Heras y Panquegua, para identificarse desde el Cerro de Cal al Norte, con una falla geológica longitudinal que llega casi hasta frente del Balneario de Villavicencio en la Sierra de Salagasta. De esta falla o línea de dislocación hablaremos más adelante.

La investigación macrosísmica fuera de la zona pleistosista nos ha dado a conocer un hecho raro. Como de 5 a 6 leguas al Norte de Mendoza, adonde el terremoto no había producido ninguna clase de deterioros, personas sintieron venir un fuerte ruido del lado S o SW, al que seguía un estremecimiento del suelo en el mismo sentido. Más o menos a la misma distancia de Mendoza hacia el SE, en las Barrancas, se observó un movimiento de vaivén, que hizo correr un cochecito alternativamente de N a S y viceversa.

Estas dos observaciones hacen presumir que, aparte del gran movimiento, de W a E, hubo un segundo movimiento, cuyas ondas partieron de un punto común, situado entre las Barrancas y el Borbollón, propagándose desde allí hacia el Norte y hacia el Sud simultáneamente.

Si recordamos que la región más afectada en toda la faja pleistosista era el pueblecito de Panquegua, será lícito considerar este lugar como región epicentral de un terremoto local que luego se aposeñó de la falla longitudinal en su extensión casi total, por ser ella la línea de menor resistencia y, por consiguiente, predestinada para tales movimientos.

Son numerosas las observaciones que hacen ver un doble movimiento; entre ellas elegiré unas pocas

(1) Véase lámina VII, y también los planos en *Contribuciones*, I, 2.

que merecen plena fé y que fueron hechas en puntos próximos a la zona epicentral, y a distancias de 5 kilómetros uno de otro.

1° *Estación Benegas* (5 kilómetros al Sur de Mendoza). Observador J. S., enfermo en cama, despierto: « El movimiento comenzó muy lentamente, y sentí venir las vibraciones del suelo desde la Sierra con la velocidad de la marcha de un hombre. Progresivamente aumentó tanto la velocidad como también la intensidad de las oscilaciones. Luego se paró el movimiento para volver enseguida en sentido contrario, como si más al naciente hubiera encontrado un obstáculo. Cuando las ondas en su vuelta de E a W habían llegado hasta la mitad de mi cama, sentí un choque vertical de abajo para arriba. La duración total ha sido un minuto ».

2° *Ciudad de Mendoza*, calle San Martín 1415. Observador C. B. (comerciante en aparatos científicos); enfermo de pulmonía en cama, despierto: « El fenómeno comenzó con leves ondulaciones en dirección de W a E; cuando la intensidad adquirió un grado alarmante, me levanté poniéndome debajo del marco de la puerta que mira al Norte; de repente sentí unos golpes fuertes debajo de mis pies que me hicieron tambalear alternativamente al Norte y al Sur. Al fijar mi vista en las luces eléctricas, noté que estas oscilaron igualmente al Norte y Sur; como había observado una vez ya con motivo del fuerte temblor del 26 de julio de 1917. »

3° *Villa Las Heras, Plaza* (5 kilómetros al Norte de Mendoza). Observador: el empleado de Policía L. C. de pie en su dormitorio « Primero sentí un ruido semejante a un silbido en la Sierra y luego comenzó a estremecerse levemente la tierra, movimiento que aumentó gradualmente de intensidad, de suerte que traté de escaparme a la calle; apenas había alcanzado de abandonar el dormitorio, ocurrió un golpe sumamente fuerte de abajo para arriba. »

Las declaraciones de los tres testigos, que presenciaron el acontecimiento sísmico desde el principio hasta el fin, hablan un lenguaje bien claro, del cual se deduce que hubo dos movimientos distintos: el primero que venía de la Cordillera en dirección de W a E, y el segundo, en forma de varios golpes verticales de abajo para arriba; o, con otras palabras, el fenómeno en conjunto presentaba dos fases: la primera se manifestó en forma de ondas largas, provenientes de un centro lejano, mientras que la segunda fase pertenecía a un centro próximo local, que originó los golpes verticales de abajo para arriba en la zona epicentral, y los movimientos de N a S y viceversa en la continuación, hacia el Norte, de la faja pleistocénica que coincide con la falla geológica longitudinal ya mencionada. Es a la segunda fase, a que corresponden los efectos catastróficos del terremoto del 14 de abril de 1927; pues, con los fuertes golpes de abajo para arriba fueron dañados los cimientos de los edificios, por los que se debilitó la cohesión con las demás partes, las murallas y los techos. Los balanceos de W a E que sobrevivieron aún la duración de los golpes verticales de la segunda fase podían, entonces, ejercer su acción destructora libre sobre las viviendas ya agrietadas, especialmente sobre las que miraron con sus frentes al Poniente o al Naciente.

Por esto, las calles orientadas de Norte a Sur eran más expuestas a los movimientos ondulatorios que las que corren de W a E. He tomado algunas fotografías (en parte, varias semanas después de la catástrofe, en que resalta la diferencia de deterioros según la exposición de los frentes de las casas con relación a la dirección de propagación de las ondas sísmicas.

En caso que quedara alguna duda sobre el rol que jugaron las dos fases del terremoto en cuestión, citaré unos casos bien demostrativos.

Comencé la presente exposición con las observaciones que yo había hecho personalmente en mi

casa, en Godoy Cruz. Dicho edificio tiene más de treinta años de existencia, es de dos pisos, hecho de adobes y posee un sótano de 180 m² debajo del edificio mismo; dista del centro de la Capital como de 5 kilómetros hacia el Sur, y tiene de los primeros Cerritos de la Precordillera la misma distancia como la ciudad de Mendoza la tiene al Cerro de la Gloria; el subsuelo en que se encuentra edificada la casa es el mismo que el de la Capital, es decir, formado por materiales traídos de las Sierras por el Zanjón y de la Precordillera por los aluviones veraniegos. He apuntado todos estos detalles para hacer ver que mi casa no está favorecida para resistir mejor el efecto de las ondas sísmicas que los edificios de Mendoza, y, sin embargo, ni nosotros ni nuestros vecinos hemos sufrido ningún daño, mientras que la parte alta de la Ciudad se convirtió en ruinas. Godoy Cruz ha sido expuesta a las ondas largas procedentes de la Cordillera en la misma forma y con la misma intensidad como Mendoza; por consiguiente no se puede atribuir a ella la catástrofe mendocina, sino a los movimientos verticales locales que constituyen la segunda fase del fenómeno, la que en Godoy Cruz quedó desapercibida. Por lo tanto podemos pronunciar los resultados de la investigación macrosísmica en los alrededores de Mendoza en la siguiente forma: La primera fase del Terremoto del 14 de abril último es la manifestación de un centro sísmico situado al W de Mendoza, que denominaremos Centro Primario. En el momento que las ondas de la primera fase alcanzaron un máximo de intensidad, éstas obligaron a entrar en acción a un centro local, que durante largos años se había conservado en estado latente, en una falla longitudinal, y que constituye hoy la zona pleistosista del fenómeno local. El punto de partida del segundo movimiento [se llamará Centro Secundario, y el movimiento originado en él, constituye la segunda fase del terremoto.

II

Extensión de la Zona Pleistosista y Mesosista dentro de la Llanura Mendocino-Sanjuanina

Anteriormente hemos constatado que la ciudad vieja, las Villas de Lavalle y Costa de Araujo, la región de Tres Portañas, San Martín y Altoverde, que en otras ocasiones habían sido el escenario de cataclismos fatales, durante el terremoto último se han conservado relativamente tranquilas; que las fallas transversales de la Precordillera, o sea, las líneas directrices de movimientos tectónicos anteriores no han tomado participación predominante en los últimos sucesos. También nos hemos dado cuenta de la línea directriz nueva en una falla longitudinal paralela a la Precordillera, que en tiempos históricos se ha comportado como una línea sísmicamente muerta; de suerte que nos encontramos frente a un problema nuevo.

En primer lugar, nos interesa saber qué extensión tiene esta línea sísmica nueva y cuáles son los límites de la faja de máxima destrucción hacia el Norte y hacia el Sur. Aquí el investigador tropieza con la dificultad que tanto al Norte como también al Sur de Mendoza la población es escasa y muy irregularmente distribuida, pero le favorece la existencia de dos sistemas de cañerías de agua, que están bajo una vigilancia permanente del personal competente, de suerte que cualquier desperfecto, producido por algún suceso meteorológico o sísmico, puede ser subsanado inmediatamente. La cañería principal es la que provee de agua potable a la Capital y a la ciudad de Godoy Cruz; ella parte de los filtros del Río Blanco, corre dentro del valle del Río Mendoza paralelamente a la línea del Ferrocarril Trasandino y sigue, al

fin, a una distancia de 30 kilómetros más o menos, al pie de la Precordillera en dirección de Sur a Norte, hasta Mendoza. La segunda cañería parte de las fuentes termales de Villavicencio, conduciendo el precioso líquido a la ciudad de Mendoza en dirección de Norte a Sur, siendo el trayecto recorrido de unos 50 kilómetros más o menos.

Ambas cañerías están orientadas de Norte a Sur, por consiguiente la dirección de propagación de las ondas procedentes del Epicentro primario, forma ángulo casi recto con la dirección de los caños mismos; así que sería de suponer que los efectos del terremoto al Norte y al Sur de la Capital fueran más o menos idénticos. Pero no es así; pues la cañería de agua potable del Río Blanco no ha sido afectada por el terremoto en ningún punto, mientras que la cañería de Villavicencio fué lesionada en seis localidades diferentes, de las cuales la más extrema está situada a 39 kilómetros de distancia desde Mendoza al Norte. De paso sea dicho que los caños están hechos de acero y embrocalados debidamente con alambre de plomo, lo que nos da una idea sobre el grado de intensidad con que se ha manifestado el terremoto en aquellos desiertos. En el Balneario mismo de las Termas de Villavicencio no se han registrado deterioros de importancia, sin embargo, los moradores fueron seriamente alarmados, sobre todo, cuando ellos presenciaron la erupción de las aguas termales que se desbordaron por encima de la boca del caño manométrico de más de 5 metros de altura, adonde siguieron a correr un día entero después del temblor.

Fundándonos en las observaciones recogidas en el terreno, podemos fijar como límite meridional de la faja de máximo efecto la calle Pedro Molina, entre Patricias Mendocinas y Belgrano, que es la que separa el bloque de casas situado al Sur del radio urbano, del terreno ocupado por la Escuela Nacional de Vitivinicultura. Hacia el Norte, que es campo completamente despoblado, tenemos sólo el dato de la lesión de las cañerías del agua Villavicencio, hasta 39 kilómetros de distancia de Mendoza; pero, por lo que hemos dicho sobre la solidez del material empleado y el modo de afianzarlo, creemos justificado en aceptar el límite septentrional de la zona pleistosista (máxima destrucción) a 39 kilómetros al Norte de Mendoza, siendo su extensión total en dirección SN próximamente de 40 kilómetros.

Respecto de su anchura, podemos decir que ella apenas pasa de 2 kilómetros. Esto se ve, no solamente en la ciudad de Mendoza, sino también al Norte; pues en Borbollón y en las propiedades más al Norte y no muy lejanas de la línea en cuestión, no se ha observado daño alguno.

Después de haber escrito lo que antecede, me vino la noticia que el Ministerio de Obras Públicas de la Nación ha iniciado la construcción del gran Carril que debe partir de Mendoza para la frontera de Chile, obra, en que tiene empleado, centenares de obreros y peones que han establecido sus campamentos a lo largo del camino proyectado. Además, me fué remitido el informe de mi colaborador Yañez, quien había sido encargado de la reparación de las cañerías del « Agua Villavicencio », obstruídas por el terremoto. Estas circunstancias favorables me impulsaron a ampliar y completar las observaciones macro-sísmicas en un terreno que, en otro tiempo, era desierto e inaccesible para tales investigaciones.

En primer lugar citaré algunos datos interesantes del informe sobre las reparaciones de la cañería de Villavicencio. La primera obstrucción se encuentra a 1 kilómetro antes de llegar a la usina vieja de la compañía Villavicencio (Panquegua). Dicho lugar dista de la Plaza Central de Mendoza 10 kilómetros al Norte, y es justamente el *punto de intersección de la falla longitudinal* (visible en el Cerro de Cal) *con la falla transversal de la « Quebrada de La Laja »* ⁽¹⁾. La segunda interrupción de la cañería acaeció en

⁽¹⁾ Véase lámina I en *Contr. Geof. I*, intersección de las líneas sísmicas I y 1.

Kilómetro 21 (se emplea el kilometraje establecido para la nueva vía a Chile, que cuenta desde la plaza Independencia de Mendoza); esto es, un poco más al Norte del Cerro de Cal, exactamente donde *la misma falla longitudinal es cruzada por otra falla transversal que baja con rumbo WE desde la « Quebrada del Totoral »*.⁽¹⁾ Allí, el fracturamiento de la tierra alcanzó su máximo efecto. Si recordamos qué rol han jugado las dos fallas transversales de la Precordillera, la de la « Quebrada de La Laja », y aún más la de la « Quebrada del Totoral », durante el terremoto de Lavalle y Costa de Araujo, comprendemos porqué los puntos de intersección de dichas fallas deben ser los lugares sísmicamente más inestables y predestinados para deterioros, como los hemos notado en la zona habitada de Panquegua. Los desperfectos de la cañería a Kilómetros 29,5-30 y 36, corresponden a una región que es conocida con el nombre de « Caracoles », llamada así por lo accidentado del terreno y, asimismo, del camino, a cuyo borde están enterradas las cañerías a poca profundidad. Por esta razón no debe extrañar que aquí las cañerías resistieran menos el movimiento WE que en la parte plana. Desde el Kilómetro 39 para arriba ya no hay obstrucción de la cañería, pues luego el camino a Villavicencio se aparta de la falla longitudinal, tomando rumbo NW y después W, en la Quebrada de Villavicencio, siguiendo la cañería la misma traza. Entonces las ondas sísmicas en dirección WE ya no cruzan el acueducto bajo ángulo recto, sino oblicuo y, al fin, le son paralelas.

Lo que en segundo lugar llama la atención, es la constatación de las dos fases del Terremoto del 14 de abril en aquellas apartadas regiones, en las cuales he tenido ocasión de recoger datos que confirman, de una manera brillante las deducciones a que yo había llegado ya anteriormente. En el Balneario de Villavicencio la segunda fase, es decir, el movimiento Sur Norte, no pudo ser observada, con razón, por que la Quebrada en que nacen las famosas vertientes tiene rumbo WE y está limitada a ambos márgenes por escarpados trozos de rocas antiguas, que sirvieron de paragolpes a las ondas con dirección SN.

Pero, a 7 kilómetros más costa abajo a donde se llega a la llanura, en el punto que se llama « Puesto de los Pajaritos », las dos fases del fenómeno sísmico ya se notaron con toda precisión. He aquí la declaración de la anciana señora P de Celán: « Estaba recostada en mi cama, pero sin dormir, cuando sentí un estruendo que vino de la Sierra en dirección WE, al que siguió un lento balanceo en el mismo sentido, que hizo mover el suelo, como una cuna, durante largo rato. En seguida el movimiento cambió de dirección y forma, volviéndose sumamente fuerte de Sur a Norte, como si el piso fuera empujado por golpes de abajo para arriba ».

De encima de la puerta que da al lado Sur se desprendieron varias piedras que cayeron al suelo, al lado Sur también, y dejaron el marco medio en el aire. La casa, de un solo piso, está hecha de piedras afirmadas con mezcla de arena y cal.

La casa del « Puesto de los Pajaritos » es la única que existe en un trecho de 40 kilómetros desde Panquegua hasta Villavicencio, y por este motivo en las demás observaciones no se mencionan obstrucciones, sino que ellas se refieren exclusivamente a la dirección de los estruendos y de los movimientos del suelo; pues los obreros y peones suelen pasar la noche en sus carpas y recostados en el suelo.

Desde el « Puesto de los Pajaritos », que está, más o menos, a 45 kilómetros de la Plaza Principal de Mendoza, recorrí el camino de Norte a Sur hasta llegar al tercer campamento de obreros, tomando noticias sobre lo que esta gente había notado con relación al fenómeno en cuestión. La gran mayoría del

(1) *Ibidem*, líneas II y 1.

personal había cambiado de campamento, pero muchos obreros recordaban el lugar donde habían sido sorprendidos por el terremoto del Jueves Santo.

Para no ser demasiado extenso, citaré aquí solamente las observaciones que más nos interesan.

A *Kilómetro 37*, el obrero S. P. relata: «estaba recostado en el suelo, pero despierto, cuando me llamó la atención un ruido en la Sierra, al que siguió un movimiento de tierra que duraba largo tiempo; luego después sentí un fuerte ruido hacia el lado de Mendoza que se aproximaba de S a N y fué acompañado de una trepidación muy fuerte en la misma dirección S-N.

A *Kilómetro 30*, el peluquero F, también despierto, notó primero el estruendo fuerte hacia el W, siguiéndole un balanceo en la misma dirección W a E; pero después la dirección cambió en S a N, tomando proporciones alarmantes.

A *Kilómetro 27*, otro obrero se despertó por las fuertes oscilaciones en dirección de S a N.

A *Kilómetro 21*, en el campamento, cerca del Cerro de Cal, varios trabajadores relatan que el estremecimiento del suelo fué tan fuerte, que los que lo apercibieron, no se pudieron dar cuenta de alguna dirección predominante, salvo el fuerte ruido en la Sierra próxima. Esto es muy plausible, porque ya conocemos el grado de inestabilidad de esta región.

Con las observaciones apuntadas queda definitivamente comprobado que *el último terremoto mendocino se ha desarrollado sobre una falla longitudinal en cuyas profundidades se oculta un centro propio, que entró en acción en el acto de recibir el impulso de las ondas sísmicas de procedencia de la Alta Cordillera de los Andes*; o, con otras palabras: las energías potenciales acumuladas en el centro secundario mendocino se convirtieron en energía cinética en el momento en que invadieron las ondas sísmicas desde el Centro Primario.

He creído necesario agregar las presentes observaciones, porque revelan, de una manera neta y precisa, la relación existente entre el Centro Primario y uno de sus correspondientes Centros Secundarios; el cual, en otra ocasión, pueda funcionar también independientemente como centro primario.

Por otra parte, las observaciones arriba mencionadas constituyen un ejemplo claro de la amortiguación de las ondas sísmicas por efecto de una falla, cuyo rumbo forma ángulo recto con la dirección de la propagación sísmica. Las tres fallas transversales de la Precordillera, que sirvieron de guía al terremoto del 17 de Diciembre de 1920, con su dirección de propagación desde el Cerro Pelado hacia la llanura (de W a E), durante el último terremoto no pudieron surtir efecto sino hasta la misma falla longitudinal que provocó la catástrofe mendocina de 1927. Los pueblos de Jocolí, Lavalle, Costa de Araujo, etc., en 1927 salieron ilesos, y la Ciudad Vieja de Mendoza, destruída ya varias veces en otros tiempos, esta vez no sufrió nada, a pesar de la gran inestabilidad de su subsuelo, porque las ondas sísmicas superficiales de la primera fase (W-E) perdieron su fuerza al chocar contra la falla longitudinal, que es de nuestro conocimiento; con otras palabras: al Oriente de la Falla Longitudinal que atraviesa la Alta Ciudad de Mendoza, hasta mas allá de Salagasta, se ha verificado lo que se designa con el término técnico de «*Sombra Sísmica*».

III

Fenómenos observados en la Región Mesosista

La investigación sobre el área conmovida con menor intensidad, que se llama « Región Mesosista », demuestra que el movimiento general, en sentido de W a E, disminuye de intensidad muy pronto hacia el Sur. La Villa de Luján y la ciudad de Godoy Cruz han sufrido muy poco o nada; la única parte en que encontré algún vestigio de la acción sísmica, fué en la alta chimenea al lado de la Estación Mayor Drummond, (16 kilómetros al Sur de Mendoza) cuya cornisa, juntamente con el pararrayo, ha caído al WNW. Varios jóvenes mendocinos que se habían reunido en la Villa de Tupungato, para pasar algunos días de la Semana Santa en el campo, presenciaron allí el temblor en forma tan suave, que ellos no podían imaginarse que, a la misma hora, los miembros de su familia pasaron momentos de serios apuros en Mendoza.

En la Consulta, Departamento de San Carlos, a 100 kilómetros al Sur de Mendoza, para la gran mayoría de las personas, presas del sueño, el temblor pasó desapercibido; y más al Sur, en San Rafael, el efecto fué casi nulo.

Muy diferentes fueron las consecuencias del terremoto del 14 de Abril en la zona mesosista hacia el Norte. Ya conocemos su efecto en el Balneario de Villavicencio. La ciudad de San Juan dista de Mendoza 150 kilómetros al Norte; y, a pesar de la gran distancia, el terremoto produjo allí perjuicios materiales de alguna importancia, destruyendo cornisas y parapetos. Según noticias publicadas por los diarios, el radio de acción macrosísmica comprende aun las Provincias de La Rioja y de Córdoba.

La gran diferencia que existe respecto a la extensión de la región macrosísmica hacia el Norte y hacia el Sur de la Capital de Mendoza, es de importancia científica, ella nos servirá de base en la limitación del Epicentro Primario y de su respectiva zona pleistosista.

Antes de terminar el presente capítulo será menester hacer mención de una pequeña zona de mayores efectos causados por el terremoto del 14 de Abril, que aparece completamente aislada dentro de la región mesosista — me refiero a Villa Maipú. La noticia de haberse caído en dicha población una casa y numerosas alquitras y cornisas, me parecía poco verisímil, porque este lugar siempre había resistido mejor a los choques sísmicos de otros tiempos; él fué también propuesto por la Comisión encargada de fijar la zona más apta para la reedificación de la ciudad de Mendoza después de su completa destrucción durante el terremoto de 1861.

Deseoso de aclarar este asunto, me trasladé a Maipú, donde encontré plenamente confirmado lo que se me había comunicado verbalmente. Interrogando a varios vecinos, que habían presenciado el temblor desde su principio, me convencí que allí el fenómeno se había producido en forma diferente de la observada en Godoy Cruz y Mendoza. Una señora con una criatura de corta edad en los brazos estaba sentada en su cama, cuando de pronto, sin ningún movimiento preliminar, ella sufrió varios golpes fuertes de abajo para arriba, a los cuales siguió un notable balanceo de W a E, que agrietó varias casas y terminó por la caída de algunas cornisas en las calles orientadas de N a S. Esta observación se confirmó, por declaraciones de otros testigos, no solamente en Maipú, sino también más al Sur.

La circunstancia de haber veraneado varios años en mi propiedad de Cruz de Piedra, situada al Sur de Maipú, es decir entre Maipú y el extremo septentrional de la Sierra de Tunuyán, me había proporcionado la ocasión de conocer el subsuelo de aquella región; entonces reconocí que Maipú, Cruz de Piedra y el Alto de Lunlunta son la continuación, hacia el Norte, de la Sierra de Tunuyán, aunque su relieve es menos pronunciado desde el punto en que el Río de Mendoza la atraviesa en dirección W a E. Según Stappenbeck, la Sierra de Tunuyán es un simple pliegue producido por presión lateral desde la Alta Cordillera hacia la llanura, durante una época muy moderna.

En un estudio general sobre los temblores de Mendoza, que aún no está dado a la publicidad, he establecido una división de la Provincia en dos regiones de sismicidad distinta, cuyo límite es, más o menos, el paralelo 33°S.

La diferencia entre ambas regiones se refiere, no sólo a la frecuencia e intensidad de los movimientos sísmicos en ellas observados, sino también a la estructura tectónica de las montañas que en ellas se levantan.

En ambas regiones, las montañas en forma de cadenas son el resultado de plegamientos por presión lateral de W a E; pero, al Norte del paralelo 33°S., los pliegues están fracturados tanto longitudinal, como también transversalmente, allí predominan las fallas, dislocaciones y sobrecurrimientos; al Sur del paralelo 33°S los pliegues se presentan, por regla general, sin ser alterados. Según el sismólogo A. Sieberg, las regiones montañosas, formadas por plegamientos, y cuyos pliegues están rotos por fallas, son las predestinadas para los grandes movimientos sísmicos, mientras que las Cerranías, formadas por simple plegamiento sin fracturación, resisten mucho más a cualquier impulso sísmico. Como la Sierra de Tunuyán se encuentra al Sur del paralelo 33°, es decir en la zona de simple plegamiento, y, siendo Maipú parte integrante de dicha Sierra, el efecto del terremoto del 14 de Abril fué sentido allí en forma diferente y menos devastadora que en Mendoza, que está situada al Norte del paralelo 33°, en la proximidad de una falla y sobre un pliegue roto.

IV

Antecedentes Geológicos del Area de Conmoción al Pie de la Precordillera

Los geólogos que más detenidamente se han dedicado al estudio de nuestra Precordillera, son: el doctor J. Keidel, exjefe de la Sección Geología y el doctor R. Stappenbeck, exjefe de la Sección Hidrología del Ministerio de Agricultura de la Nación, cuyos resultados se encuentran publicados en la obra titulada *La Precordillera de San Juan y Mendoza*, en *Anales del Ministerio de Agricultura*, Buenos Aires, tomo IV, número 3.

Dicha montaña, que corre paralelamente a la Cordillera Principal, está formada frente a la llanura mendocina por estratas triásicas y terciarias que, en su extremo oriental, están cortadas por una falla longitudinal con rumbo más o menos N-S. El borde oriental de la falla ha sufrido una profunda depresión, ocultándose hoy debajo de una gruesa capa de acarreos aluviales. El doctor Keidel, empeñado en determinar la profundidad del hundimiento, ejecutó una perforación en un ángulo muerto del cono de deyección de Mendoza, frente a Panquegua, sin dar alcance a la continuación de las estratas descendidas. En

una carta con fecha 7 de agosto de 1907 que el nombrado autor me dirigió en contestación de una consulta mía, él se expresa: «A 250 metros, todavía se encuentra arena gruesa, el pozo nos enseña a qué profundidad han descendido las formaciones mesozoicas y terciarias del borde precordillerano. La boca del caño se encuentra, si no me equivoco, a unos 100 metros más abajo que la Estación Mendoza del Ferrocarril Pacífico; y, agregándose a estos 100 metros 300 metros más de depósitos fluviales, se deduce que el borde de la Precordillera, separado de su base, está situado hoy sólo a 400 metros sobre el nivel del mar. El nivel de las formaciones terciarias visibles en Challao es, por consiguiente, por lo menos 400 a 500 metros más alto que el que ocupan las estratas correspondientes en el fondo del pozo de perforación. También es muy posible que, dentro de las capas mesozoicas y terciarias, se hayan producido sobrecorrimientos por movimientos diferenciales, y que estos *movimientos continúen hasta la época actual*. Tales sobrecorrimientos sobre el borde de la montaña se observan claramente en Challao y también más al Norte.»

Más explícitamente se expresa Keidel sobre los movimientos tectónicos que experimentó nuestra Precordillera en épocas no muy lejanas, en dos cartas dirigidas al eminente sábio Eduardo Suess, quien las hizo publicar por la Academia de Ciencias de Viena, abril de 1907. En la primera de dichas cartas, fechada en Buenos Aires, 25 de diciembre de 1906, Keidel dice: «Tanto en los bordes de las Sierras Pampeanas, como al pie oriental del Paramillo de Mendoza, se encuentran acarreos de materiales gruesos traídos por el agua en épocas relativamente modernas; pero, en la última de las mencionadas regiones, éstos se encuentran fuertemente dislocados, lo que hace suponer la intervención muy reciente de movimientos posteriores. Me parece necesario admitir un movimiento de la masa de la montaña frente a las llanuras, no sólo en sentido ascendente, sino también descendente.»

En la segunda carta, fechada en Campamento de Challao, Provincia de Mendoza, a 4 de marzo de 1907, Keidel continúa: «Las observaciones que pude hacer en los últimos dos meses demuestran que, en la región limítrofe oriental de la Cordillera mendocina, los movimientos han venido del Oeste.

«El tipo principal de las dislocaciones es el de la traslación horizontal (de Oeste a Este). Los temblores de Mendoza parten de las líneas de dislocación del campo de fracturas de una manera tan resaltante, que es de presumir que los movimientos sísmicos actuales siguen siempre el mismo antiguo plan, y que dichas líneas están aún en evolución.»

Mucho antes de Keidel y Stappenbeck el sábio chileno, doctor Wenceslao Díaz, en sus *Apuntes sobre el Terremoto de Mendoza (1861)* escribió: «El movimiento de los temblores lineales — quiere decir tectónicos — se verifica, parece, por el choque de uno de los flancos de las montañas contra el suelo llano, o, mejor, como si todo el flanco se moviera por la fuerza que en un tiempo lo elevó. ¿No indicaría esto que, como observa Lyell, las fuerzas que solevantaron las montañas son todavía muy poderosas cuando se manifiestan?»

La opinión de Díaz tiene tanto mayor valor, por cuanto ella es el resultado de observaciones hechas por él, durante los 8 meses consecutivos al terremoto mendocino, en el terreno mismo. El terremoto del 14 de abril es una brillante confirmación de las observaciones de Díaz, pero les tenemos que agregar que, últimamente, no era sólo un flanco de la Cordillera que se puso en movimiento, sino que los dos flancos reaccionaron con igual intensidad en un mismo tiempo, conmoviendo simultáneamente el suelo Argentino, como también el territorio Chileno.

V

Fenómenos geofísicos precursores y consecutivos del terremoto último, observados en Mendoza

El Director del Servicio Sismológico de Chile, de Montessus de Ballore, en su publicación *Los Progresos de la Sismología Moderna* (Santiago 1907) se expresa : « Las dislocaciones no se preparan en un día, pero provienen de esfuerzos geológicos lentamente acumulados y se anuncian de antemano por ligeras sacudidas diarias o menos frecuentes, hasta que la corteza terrestre tenga que romperse ocasionando el terremoto. El equilibrio no vuelve tampoco a restablecerse en el acto sino largo tiempo después, lo que explica las numerosas sacudidas que siguen la catástrofe. »

En Mendoza no hemos observado estas sacudidas diarias, que comunmente preceden a los grandes cataclismos : por varias razones, en primer lugar, porque estamos demasiado distantes del centro primario ; en segundo lugar, porque los procesos geológicos que indudablemente precedieron, tenían su foco en enormes profundidades y no llegaron a la superficie con la intensidad suficiente para ser sentidos sin instrumentos adecuados ; y, por fin, Mendoza carece de sismógrafos suficientemente sensibles, para observar y estudiar los movimientos internos de nuestro suelo. Pero, en cambio, hemos notado un fenómeno que nos hizo prever, si no un cataclismo, por lo menos una próxima alteración del equilibrio en la corteza mineral de nuestro subsuelo.

Desde 37 años, esto es, cuando compré una propiedad cerca de la gran Ciénaga de Rodeo del Medio, estoy observando los movimientos de las aguas del subsuelo de nuestra Provincia ; noté entonces fenómenos sorprendentes que no se explicarían por infiltraciones de agua de regadío, ni tampoco por condiciones meteorológicas anormales. Más tarde pude constatar que, las épocas de las variaciones extremas en el nivel de las aguas subterráneas coincidían con períodos de gran actividad sísmica, de lo que deducía, que los notables cambios de ascenso y descenso del nivel de las aguas de nuestras ciénagas, deben tener su causa en los movimientos periódicos del subsuelo. Los resultados de mis observaciones se publicaron, hace 20 años, en los *Anales del Ministerio de Agricultura*, tomo III, n° 1 bajo el epígrafe *Estudios de Sismología*.

En el párrafo anterior se ha tratado de las condiciones geológicas de Mendoza y de sus alrededores ; se ha visto que, en épocas pasadas, nuestro suelo ha sufrido elevaciones y depresiones, y que al movimiento vertical se ha asociado un movimiento horizontal de W a E, que ha dislocado los sedimentos más modernos. También sabemos que los temblores de Mendoza siguen el mismo antiguo plan, se desarrollan sobre las mismas líneas directrices de los procesos geológicos que originaron el relieve actual de nuestra región.

Aceptando este argumento, no puede haber razón en oponerse a la idea que las llanuras mendocinas participen también del movimiento de las montañas, por lo menos en la proximidad de su pie. En el terreno flojo de estas llanuras, nuestras ciénagas deben reaccionar a la presión lateral de la montaña en sentido de Oeste a Este, más sensiblemente que los bloques firmes de la Precordillera misma. Por consiguiente la napa freática de nuestras ciénagas debe reflejar en grado superior los movimientos tectónicos a que está sujeta la masa sólida de la Cordillera y Precordillera adyacente. Las ciénagas, al pie de la Precordillera de Mendoza y San Juan, hacen el papel de manómetros que indican las transformaciones lentas

producidas por la mayor o menor presión que ejerce la Cordillera hacia la llanura en sentido de Oeste a Este. La afluencia de aguas atmosféricas, sea de lluvias o sea de aguas procedentes de la fusión de hielos de la Alta Cordillera, desempeña un rol secundario.

El extraordinario descenso de la napa freática de nuestras ciénagas, que se hizo muy sensible en 1926 y que llegó a su punto de culminación en los primeros meses de 1927, tiene indudablemente su causa en los procesos geológicos que se desarrollaron paulatinamente en las profundas raíces de la Alta Cordillera de los Andes y que terminaron por el cataclismo que es de todos conocido. Yo, por mi parte, reconocí el peligro que se nos aproximaba y no dejé de comunicar mis temores a mis amigos y colaboradores, entre ellos el profesor de Geofísica de la Universidad de La Plata, doctor Lúnkenheimer.

Respecto a los fenómenos consecutivos del terremoto de abril, habría que anotar una serie de temblores de menor intensidad; pero lo más notable es que, casi inmediatamente después del gran sismo, las vertientes ya casi agotadas y las ciénagas disecadas volvieron a renacer; y actualmente, es decir tres meses después, las aguas subterráneas han recuperado su nivel normal nuevamente. He recorrido una gran parte del área de conmoción, tanto en la Cordillera como sobre ambos flancos de dicha montaña, y en todas partes se ha robustecido mi primera impresión: que el fenómeno sísmico en cuestión haya sido un brusco asentamiento a consecuencia de un levantamiento paulatino en la región epicentral primaria, o sea en la proximidad del Aconcagua. El lento movimiento ascendente de la Cordillera principal, que provocó una alteración de su estado de equilibrio, afectó, al mismo tiempo, la Precordillera con la llanura adyacente — el nivel de las aguas subterráneas bajó; pero, restablecido nuevamente el equilibrio de la montaña por el terremoto, las aguas de la ciénaga volvieron otra vez a su estado normal.

Para ilustrar los movimientos de las aguas subterráneas de nuestras ciénagas, voy a extraer algunos datos de un artículo que publicó el Ingeniero G. Vitali, empleado de la Superintendencia de Irrigación bajo el título: *Las causas probables del último temblor*.

« El año 1872 se inició, con un serio encenagamiento (*Versumpfung*) hacia el Este, al extremo que muchos cultivos de Guaymallén y San Roque fueron anegados y que el Carril Nacional, desde Barcala al Naciente, ofrecía serias dificultades para el tráfico, inconveniente que decidió al gobierno a comisionar al ingeniero Stegmann para que proyectara obras tendientes a disecar la zona afectada; el aumento de las aguas siguió progresivamente hasta el terremoto de 1873, después del cual se inició el retiro espontáneo hasta restituir a la agricultura las tierras abandonadas. En 1906 ocurrió lo propio, el encenagamiento iniciado a fines de 1903, en San Martín, Corralitos y muchos otros puntos, cedió hasta hacer escasear las aguas provenientes de los drenajes, culminando la sequía en 1910. En 1906 ocurrió el terremoto de Valparaíso, al cual siguió, en Mendoza, el cortejo de más de 100 temblores consecutivos. El año 1910 fué de una frecuencia sísmica extraordinaria.

« Desde 1910 se reinició el aumento de las aguas con pequeñas alternativas, para volver a disminuir considerablemente en 1917. El 26 de Julio de este año ocurrió el gran temblor que fué registrado en casi todo el mundo. Es muy probable que este temblor haya tenido el mismo centro del sismo último. Con la entrada del otoño de 1919 se inició un serio aumento de agua proveniente del subsuelo, fenómeno observado en casi toda la provincia, y muy especialmente en Corralitos, Buenanueva, Lavalle y San Martín, aumento que se fué acentuando hasta que sobrevino el remezón del 17 de diciembre de 1920 y, cosa rara, después de esa recia sacudida de tan triste recuerdo, la napa freática disminuyó de nivel; terrenos que tenían el agua a flor de tierra desecáronse, y, en general, las tierras reputadas inaptas por efectos de la

reversión se sanearon sin necesidad de desagües, cosa que parecía difícil de conseguirse con la ejecución de obras de drenaje costosas. Como ya lo he manifestado, desde 1920 se inició el retiro paulatino de las aguas en las ciénagas, siendo numerosos los propietarios de Corralitos, Buenanueva, Rodeo de la Cruz, etc., que solicitaron de la Superintendencia de Irrigación derecho a usar el agua de los desagües de la zona servida por el río Mendoza, en virtud de que los manantiales donde se surtían, ya no les prodigaban el agua necesaria para mantener los cultivos.

« Hace poco más de un mes (el artículo se publicó el 25 de abril) de mi última entrevista con el profesor Loos, quien a menudo me solicita datos respecto de las aguas provenientes del subsuelo y aún me parece verlo haciendo una mueca de desagrado, cuando le manifesté que el agua del « Pantanillo » se había agotado ; que los pozos de balde existentes en una propiedad que poseo en las inmediaciones de la Estación Ugarteche estaban secos — cosa no observada antes, según referencias de antiguos moradores del paraje — que las ciénagas que forman los arroyos de Leyes, Tulumaya, Rincón del Sauce y Algarrobito, se habían secado, al extremo que hubo de auxiliarse las zonas agrícolas por ellos servidos con el agua del Río Mendoza, para evitar los desastrosos efectos de la sequía ; y, finalmente que la napa freática en Valle Hermoso, Tres Portañas y San Martín, había descendido extraordinariamente. »

Estos hechos, cuya exactitud se puede comprobar con documentos oficiales, dan un cuadro ilustrativo del estado de nuestras ciénagas hasta el día de la sacudida fatal ; ellos parecen tanto más extraños, en cuanto la Cordillera de los Andes, durante el invierno de 1926, había sido cubierta de abundantísima nieve, cosa que tuvo a los ingenieros de la Superintendencia en serios apuros, para salvar de la destrucción las obras hidráulicas del río Mendoza por las enormes crecientes del río durante casi todo el verano de 1926/27. En todas partes hubo exceso de agua del río para el regadío y, sin embargo, no se notaron infiltraciones que hubieran podido aumentar el caudal de agua de las ciénagas y de los arroyos que de ellas se servían. Además no faltaron tampoco los grandes temporales de lluvias, pues Mendoza sufrió, más durante el verano pasado, por las inundaciones, causadas por las lluvias, que en otros años normales.

Resumiendo los datos recopilados en la presente exposición, llegamos a las siguientes conclusiones :

1ª Que el enorme descenso del nivel de las aguas subterráneas de la llanura mendocina, antes del terremoto, no es la consecuencia de la falta de precipitaciones acuosas atmosféricas en la región subandina, ni de la escasez de nieve en la Cordillera, ni de la carencia de infiltraciones de agua de regadío, como lo suponen algunos campesinos ; sino que la baja de la napa freática es originada por los lentos movimientos orogénicos que tienen su punto de partida en las profundas raíces de la Cordillera de los Andes, es decir en la región que constituye el foco primario del terremoto último.

2ª Que terminado el proceso orogénico, y habiéndose restablecido el equilibrio a consecuencia del brusco asentamiento del macizo andino, el 14 de abril último, el agua de las ciénagas vuelve a recuperar otra vez su nivel anterior.

Con esto no queda excluido que, por la presión lateral de la montaña de Oeste a Este, se produzcan plegamientos y dislocaciones en el bajo fondo, que se proyecten en la superficie en forma de líneas de mayor sensibilidad sísmica, como lo hemos podido constatar durante el terremoto de Lavalle y Costa de Araujo. El efecto de un movimiento tectónico sobre la llanura dependerá siempre de la situación de su foco ; por esto, el terremoto de Lavalle y Costa de Araujo de 1920, que tenía su foco primario en la Precordillera mendocina, se ha manifestado en otra forma que el terremoto de 1927, que tiene su foco primario en la Alta Cordillera de Los Andes.

VI

Investigación en la Cordillera Argentina

Ya desde el primer momento se reconoció que el terremoto del 14 de abril no era un fenómeno común en Mendoza ; ya las comunicaciones publicadas el mismo día de la catástrofe por el Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata, hicieron saber al público que el epicentro no coincide con los epicentros determinados por temblores mendocinos anteriores ; y cuando supimos que en Santiago el terremoto se había hecho sentir a la misma hora y con la misma intensidad como en Mendoza, cosa nunca observada anteriormente, se debía presumir que el nuevo foco se encontraría probablemente en la Alta Cordillera entre Mendoza y Santiago de Chile. El profesor de geofísica de la Universidad de La Plata, doctor Lúnkenheimer, había determinado el azimut, en base de iP , $W 5^{\circ}N$, y la distancia epicentral en 1070 kilómetros y luego después de cotejar sus registraciones hechas en La Plata con las del Reverendo Padre P. H. Descotes en La Paz, Bolivia, pudo calcular la región epicentral en $69^{\circ}5 W$ y $32^{\circ}4 S$, es decir, en una zona situada cerca de la frontera chileno-argentina y en la proximidad del Cerro Aconcagua (véase *Boletín Sismológico del Observatorio Astronómico de La Plata*, 1927 n° 4 Suplemento: Federico Lúnkenheimer, *El Terremoto argentino-chileno del 14 de abril de 1927*). Ahora se trataba de hacer la prueba al ejemplo, lo que sólo se podía conseguir por la investigación macrosísmica en el escenario mismo del acontecimiento sísmico.

El director del Observatorio Astronómico de La Plata, doctor J. Hartmann, me propuso entonces que me encargara de la misión de estudiar en el terreno los efectos del fenómeno sísmico sobre ambos lados de la Cordillera de los Andes, ofrecimiento que acepté con entusiasmo, a pesar de saber que a tal empresa debían oponerse serias dificultades. El presidente de la Universidad Nacional de La Plata, doctor Benito A. Nazar Anchorena, entonces, puso a mi disposición todos los medios necesarios para poder cumplir la misión, y las administraciones del Ferrocarril Trasandino, tanto argentino como chileno, proporcionaron toda clase de facilidades durante el viaje, servicios por los cuales expreso en este lugar mi sincero agradecimiento. Antes de entrar en los detalles sismológicos creo conveniente dar algunos rasgos generales sobre la topografía y la geología de la región a investigar.

El Río Mendoza, que nace en la proximidad del Aconcagua por la afluencia de los Ríos de los Hornos y de las Cuevas, toma su curso sobre la pendiente natural de Oeste a Este, pero este rumbo cambia luego por interposición de una montaña que desvía el Río Mendoza al NE, obligándolo a describir un ángulo de 45° , con su vértice al Norte. El área encerrada por dicho ángulo está ocupada por la Cordillera del Plata con el pico más culminante: el Cerro del Plata, a 5300 metros de altura, que es la región epicentral de los temblores y terremotos habituales de la capital de Mendoza. Como la línea del Ferrocarril Trasandino sigue por el mismo valle del río Mendoza, emplearemos para la ubicación de los puntos de observación el kilometraje de dicha línea que empieza a contar desde la estación Mendoza.

La gran curva del Río Mendoza, que rodea a la Cordillera del Plata empieza a Kilómetro 30, que es su extremo Sur, corre después en dirección Noroeste dentro de una quebrada angosta hasta el Kilómetro 90, adonde se abre el gran valle del Río Uspallata hacia el Norte que, más al Norte, se confunde con el

valle del Río de los Patos. Frente al Kilómetro 100 el Río Mendoza llega a su punto más septentrional para doblar en seguida al Sudoeste hasta el Kilómetro 142, Estación Punta de las Vacas, desde donde toma el curso casi Este a Oeste hasta la frontera chilena.

El geólogo que ha estudiado esta región más detalladamente es el doctor Ricardo Stappenbeck, cuyos resultados están publicados en dos obras oficiales: *La Precordillera de San Juan y Mendoza*, en *Anales del Ministerio de Agricultura*, tomo IV, número 3, Buenos Aires, 1910; y *Geología de la Falda Oriental de la Cordillera del Plata*, en los mismos *Anales*, tomo XII número 1, 1917. Según Stappenbeck, la tectónica de la Cordillera del Plata es, en sus rasgos principales, un pliegue con caída (*ueberkippt*) hacia el Este, en cuya formación se originaron fallas, y, en parte, una estructura ímblica y sobrecurrencimientos; pliegue atrevesado por granito intrusivo etc. Se trata, pues, de una montaña formada por plegamiento, cuyos pliegues están rotos y sobrecorridos y doblegados hacia el Este; esto quiere decir, empujados por una fuerza endógena en sentido de Oeste a Este.

Por tanto no puede extrañar que la Cerranía del Plata, que ocupa una posición intermediaria entre la Capital de Mendoza y la probable región epicentral primaria, sea predestinada a tomar una participación preferente en el movimiento sísmico del 14 de abril último. Si, además, tomamos en cuenta, como dijimos ya, que la Cerranía del Plata constituye la región epicentral de los terremotos habituales de la Capital de Mendoza, debemos asignar a dicha Cordillera un alto grado de inestabilidad sísmica. Procedamos ahora a oír las declaraciones de las personas que fueron testigos del acontecimiento sísmico en aquella región.

Varios huéspedes del *Balneario de Cacheuta* expresan que el temblor fué sentido allí en forma pavorosa, que los ruidos subterráneos fueron tan fuertes que las personas que los oyeron, creyeron que se aproximaba el fin del mundo.

En *Potrerillos, Kilómetro 50*, el terremoto produjo efectos semejantes; allí se observó que el movimiento se propagó claramente a lo largo del valle del Río Mendoza, es decir, de Noroeste a Sudeste.

En la *Estación Uspallata, Kilómetro 92*, en donde termina la Cordillera del Plata hacia el Norte con una costa muy precipitada, predominaba la dirección de los fortísimos ruidos y del movimiento mismo, de Sur a Norte.

Los pobladores de la pequeña *Estación Kilómetro 108*, notaron que el temblor venía de la Alta Cordillera, cruzando el valle del Río Mendoza bajo ángulo casi recto, Oestenoroeste a Estesudeste.

El auxiliar de la *Estación Río Blanco, Kilómetro 120*, declara que el fuerte temblor seguía la dirección del valle del Río Blanco, cruzando el valle del Río Mendoza; notó también que de los cerros de la margen izquierda del Río Mendoza, cayeron muchas piedras, lo que no sucedió sobre la margen derecha, sobre la cual está la estación. Esta interesante observación indica no solamente que el movimiento vino del lado de Noroeste a Sudeste, sino también que las ondas superficiales, al cruzar el valle del Río Mendoza, sufrieron una atenuación; por esto cayeron muchas rocas sobre la margen izquierda (NW) y casi ninguna sobre la margen opuesta.

Zanjón Amarillo, Kilómetro 132. Esta estación se aproxima ya mucho a una cordillera llamada Paramillo de las Vacas que, indudablemente, debe influir en la dirección de las ondas superficiales procedentes del Aconcagua con relación a Zanjón Amarillo. Esta idea se me había sugerido al estudiar este punto sobre el mapa, y por esto resolví interrumpir el viaje para cerciorarme si mi prejuicio era justificado o no.

Entre muchas personas que interrogué, solamente encontré una, el auxiliar de la estación F. R. quien había observado el temblor desde su principio. Dicho testigo informa: « primero sentí un ruido fuerte que parecía venir de la Alta Cordillera (Noroeste); acto continuo la tierra comenzó a experimentar fortísimas trepidaciones verticales de abajo para arriba durante 3 a 4 segundos, siguiendo después un largo movimiento de vaivén. Tanto el ruido continuo como también el movimiento ondulatorio prosiguió en dirección a lo largo del valle del Río Mendoza, es decir, costa abajo; de los cerros vecinos a ambas márgenes del río, se desprendieron trozos de rocas, y nubes de tierra que obscurecieron la luna.

La dirección predominante de la propagación del movimiento sísmico de WSW a ENE, por una parte, es debido a la posición del Paramillo de las Vacas, y por otra, a la dirección del valle del Río Mendoza, que probablemente constituye una falla geológica, predestinada a la propagación de los movimientos que vienen, más o menos, paralelos a ella.

Punta de las Vacas, Kilómetro 142. Declara el testigo: « primero sentí un fuerte bramido de la Sierra, que venía del lado Poniente (Cordillera Alta); en seguida se notó una fuerte y larga trepidación de Oeste a Este, a consecuencia de la cual cayeron grandes peñascos de rocas de los cerros vecinos y se levantaron espesos nubarrones de tierra. No hubo viento; el ruido de la caída de piedras seguía claramente a lo largo del valle del Río Mendoza costa abajo, perdurando todavía cuando el temblor aquí ya había cesado ».

Puente del Inca, Kilómetro 160. Antes de emprender mi viaje a la Cordillera, me había dirigido al jefe de la Estación, C. M., dándole instrucciones especiales para las observaciones sísmicas, porque Puente del Inca es la estación que se encuentra más próxima al supuesto epicentro primario. Presumí, además, grandes efectos en dicha estación porque el valle del Río de los Horcones que desemboca en el valle del Río Mendoza, cerca de Puente del Inca, nace directamente al pie del Anconcagua mismo.

Pero mis esperanzas se desvanecieron en el momento que bajé del tren; la contestación del jefe de la estación se limitaba simplemente a los puntos siguientes: « duración del temblor: 20 segundos más o menos; dirección: Oeste a Este; ruidos subterráneos: no hubo ». La estación, con sus edificios accesorios, no mostraba ningún vestigio del fuerte temblor; el gran hotel del Balneario tampoco; lo mismo ocurrió en el puente del ferrocarril que cruza el valle del Río de los Horcones y en los túneles de madera, contruídos para impedir la invasión de la nieve a la vía férrea. En fin, todo fué para mí una sorpresa. Muy desengañado, seguí mi viaje a la última estación sobre el flanco argentino del Ferrocarril Trasandino Argentino, postergando la resolución del problema hasta otra ocasión.

Estación Las Cuevas, Kilómetro 175. Frontera con Chile. El fenómeno sísmico se produjo allí con intensidad mayor que en Puente del Inca. El inspector de telégrafos M. M. se encontró en esta estación, accidentalmente, en desempeño de su cargo, y no habiendo hotel, él se alojó, durante la noche del temblor, en un vagón del ferrocarril. Al despertarse notó un pavoroso ruido y un movimiento trepidante tan fuerte que el vagón brincaba sobre los rieles, empujado por golpes verticales de abajo para arriba; le era imposible fijar alguna dirección horizontal. Un empleado de la aduana, G. L., que estaba escribiendo en su escritorio, pudo observar el fenómeno en todas sus fases. Primero notó el gran ruido hacia la Alta Cordillera, al Oeste, que duró varios segundos; inmediatamente después, sin interrupción, seguía una fortísima trepidación de abajo para arriba. Al huirse al aire libre, por una puerta que mira al Naciente, el informante recibió un fuerte golpe de atrás, que lo hizo caer de boca hacia el Este. La casa de piedra, que contiene varias oficinas y habitaciones para los empleados, tiene su eje mayor orientado de Norte a Sur; sobre dicho eje balanceaba la casa alternativamente de Este a Oeste y viceversa. De todas las montañas

próximas, al Norte, Oeste y Sud, desprendiéronse trozos de piedras y nubes de tierra. No cabe duda que, en las Cuevas, el movimiento sísmico se propagó desde la Cordillera fronteriza hacia el Este, es decir, por el valle del Río Mendoza.

De las observaciones consignadas en la Cordillera hasta ahora, se desprende el singular hecho que, desde Cuevas, kilómetro 175, hasta Zanjón Amarillo, kilómetro 132, existe una pronunciada conformidad respecto de la dirección de propagación del movimiento horizontal de Oeste a Este, la que, al parecer, se opone a la suposición de la existencia del foco primario en la región del Aconcagua. Además, la dirección de Sud a Norte, observada por varios testigos en la Estación del Ferrocarril Trasandino de Uspallata, no favorece tampoco la adopción del epicentro calculado por los Observatorios de La Plata y La Paz. Para llegar a alguna resolución del problema es necesario atacarlo por otro lado.

En previsión de probables dificultades que se me iban a presentar en la Alta Cordillera, resolví someter a la investigación, en primer lugar, el vasto Valle de Uspallata, el que yo había visitado ya anteriormente con motivo del gran temblor del 12 de agosto de 1903. Recibí una amable invitación del señor Windus, Gerente-administrador de la Compañía de las Estancias de Uspallata, que fué para mí de gran utilidad, por lo que expreso a dicho caballero mi más significativo agradecimiento.

Ya hemos indicado la situación topográfica del Valle de Uspallata que se extiende de Sud a Norte en forma de una vasta altiplanicie. Sus límites son : al Sud, la Cerranía del Plata; al Naciente, la Precordillera de Mendoza y San Juan; al Poniente, la Cordillera de los Andes; y al Norte se comunica, casi sin interrupción, con el valle del Río de los Patos y el Valle de Iglesias, perteneciendo ya ambas altiplanicies a la Provincia de San Juan. De los datos apuntados se desprende, que si el epicentro del terremoto se encuentra en la Alta Cordillera y en la proximidad del Aconcagua, entonces la dirección predominante de la propagación de las ondas superficiales, de Oeste a Este, debe manifestarse en el Valle de Uspallata más limpia y más neta que, p. e., en Mendoza, porque dicho valle está situado inmediatamente al pie oriental de la Cordillera, de suerte que las ondas sísmicas no atraviesan otras unidades geológicas que podrían modificarlas.

Respecto a la Geología de nuestra región, Stappenbeck se expresa con las siguientes palabras textuales : « Fuera del levantamiento de la Precordillera, el acontecimiento más importante de este período (terciario), es la formación de las tres grandes depresiones : de los valles de Uspallata, del Río de los Patos y de Iglesias. » Más abajo dice : « me inclino a la opinión de que el Valle de Uspallata sea una fosa ». En geología se llama « fosa » una faja de terreno que se ha hundido entre dos fallas verticales y más o menos paralelas. El rumbo de dichas fallas sería el Valle de Uspallata S-N.

Vamos a considerar los hechos sismológicos. Ya desde mi primer día de estada en el pueblo de Uspallata me convencí que allí hubo dos clases de movimientos : uno en dirección de Oeste a Este con ligeras variaciones, y otro en dirección de Sur a Norte. En la Estación Uspallata predominaba el movimiento Sud a Norte, y también en la casa de administración del señor Windus quedó aún bien visible el efecto de este mismo movimiento; y si se puede dar fé a las declaraciones de los vecinos antiguos de aquella zona, la dirección de casi todos los temblores comunes, y también la del fuerte temblor mendocino del 12 de agosto de 1903, ha sido en Uspallata de Sur a Norte. Esto indica que, en la Cordillera del Plata, hay uno o varios focos sísmicos que de cuando en cuando entran en acción, mandando el terror unas veces hacia la Capital de Mendoza y otras veces hacia el Norte, causando la alarma entre los pobladores del Valle de Uspallata. En este último caso, las ondas sísmicas se propagan con preferencia sobre

las fallas con rumbo Sur a Norte, que constituyen la Fosa de Uspallata, perdiendo poco a poco de intensidad a medida que se alejan de su epicentro; esto se ha visto en Tambillo y Chiquero.

Por el momento nos interesan más los movimientos procedentes directamente de la Alta Cordillera, porque ellos nos deben guiar para determinar más o menos el grado de la latitud del epicentro. El Valle de Uspallata se presta con preferencia para este trabajo, en primer lugar, porque se extiende en línea casi recta de Sur a Norte y en segundo lugar porque se encuentra bien en frente del epicentro teórico calculado, y en la dirección que es la de propagación horizontal dominante, de Oeste a Este. Además el Valle de Uspallata tiene la ventaja de que existen allí varias estancias con edificios habitados que están bajo la misma administración de la estancia matriz. Los puntos visitados especialmente son, de Sud a Norte :

1° La Estación Uspallata del Ferrocarril Trasandino: 2° La Escuela Provincial número 200; 3° El Pueblo de Uspallata con la casa de administración de las estancias; 4° Estancia San Alberto; 5° Estancia de Tambillo y 6° Estancia de Chiqueros. La distancia extrema desde la Estación del Ferrocarril hasta Chiqueros, es más o menos, de 40 kilómetros, siendo comprendida dicha zona entre los paralelos 32°6 y 32°3 S.

Ya queda dicho que en el Valle de Uspallata se manifestaron dos movimientos de distinto origen; pero este hecho no nos satisface si nos queremos formar una idea cabal sobre este complejo fenómeno; pues no sabemos, si entre ambos existe alguna relación íntima, si uno era la consecuencia del otro. Para dilucidar esta cuestión, vamos a plantear el problema en la siguiente forma: 1° ¿Eran los movimientos horizontales de Sur a Norte y de Oeste a Este simultáneos, o consecutivos uno al otro? 2° En caso de ser consecutivos, ¿cuál era el primero y cuál era el segundo?

He aquí el informe ilustrativo y terminante de la Directora de la Escuela Fiscal número 200, en Uspallata, que es un encomiable testimonio de su espíritu observador.

« Estuve despierta en aquellos momentos angustiosos, cuidando una criatura de corta edad, cuando sentí un lento movimiento ondulatorio que venía de la Alta Cordillera, en dirección Oestenoroeste a Este-sudeste. La intensidad del fenómeno iba creciendo cada instante más, obligándome a salir con la chica al patio que se extiende entre la casa de habitación y la Escuela. Apenas había llegado al patio, cuando empieza a sonar la campana del Colegio, y como la noche era clara como el día, por la luna llena, pude ver que el badajo y la campana se movieron en la misma dirección del oleaje de la tierra. Habría pasado un minuto más o menos, cuando el temblor declinó; pero a los pocos segundos la campana del Colegio volvió a sonar nuevamente con mayor intensidad que antes y las oscilaciones ya no seguían en la dirección más o menos Oeste-Este, sino en dirección Sur-Norte y viceversa; en este instante cayeron los water-closets del Colegio y se agrietaron algunas murallas de muy sólida construcción. » Terminado el fenómeno, la informante se retiró a su dormitorio, adonde constató que algunos muebles habían salido de su lugar, entre ellos el velador, cuya cubierta de mármol se había corrido sobre su asiento de madera unos 5 centímetros hacia el Estesudeste.

La Directora me hizo ver también las ruinas del Colegio viejo, que se había caído con motivo del gran temblor del 26 de Julio de 1917, el cual tenía caracteres bien semejantes al del 14 de abril de 1927.

Las conclusiones que se pueden deducir del informe precedente se reducen a los siguientes términos :

1° El terremoto del 14 de abril se manifestó en el Valle de Uspallata en forma de dos movimientos consecutivos, diferentes respecto a la dirección y a la intensidad de las ondas sísmicas.

2° El primer movimiento venía en este lugar de Oeste-Noroeste, quiere decir que la continuación

de esta línea cruza la Cordillera del Aconcagua al Norte de su cima más culminante. Primera fase del fenómeno.

3° El movimiento de Sur a Norte, que constituye la segunda fase, es, con mucha probabilidad, el resultado de la acción de un centro secundario situado en la Cordillera del Plata, y relacionado con las fallas longitudinales que originaron en otras épocas la depresión del Valle de Uspallata. Dicho centro entró en acción recién después de recibir las ondas sísmicas del centro o epicentro primario. La gran diferencia de tiempo (cerca de un minuto) transcurrido entre la primera y la segunda fase, me hace creer que las ondas provocadoras de la acción del centro secundario no hayan sido ondas directas, sino reflejadas por la cadena de los Andes que constituye el *divortium acuarum* chileno-argentino. Si recordamos la constante dirección de propagación del temblor de Oeste a Este en las estaciones del Ferrocarril que se encuentran más próximas, y a la vez al Sud del Aconcagua, se nos impone la idea que las direcciones observadas en Cuevas, Puente del Inca, Punta de Vacas y Zanjón Amarillo, han de ser también la consecuencia de la desviación de las ondas sísmicas de origen del centro primario, pero reflejadas después por la Cordillera fronteriza, y reconcentradas en el valle del Río Mendoza, que les imprimió su nuevo rumbo Oeste a Este.

Volviendo a *Uspallata*, se puede constatar el movimiento Oeste a Este, o sea la fase primaria, por muchas observaciones particulares. En una pieza accesoria a la casa de administración había quedado, durante la noche del suceso, un balde con agua, la que con el temblor se derramó, parte al Oeste y parte al Este, sin que el balde se volcase. En otras casas cayeron botellas y vasos con bebidas, empujados por el mismo movimiento de Occidente a Oriente.

San Alberto. Esta estancia es especialmente apropiada para observar los fenómenos sísmicos, de origen de la Cordillera de los Andes, porque desde allí se despeja hacia el Oeste la Alta Cordillera a causa del valle transversal que abrió el Río Negro para unirse con el Río Uspallata.

No están en las mismas condiciones las estancias más al Norte, Tambillo y Chiquero, cuyas casas se encuentran tan acercadas a la montaña hacia el lado Oeste, que las nevadas cadenas quedan invisibles. Esto, en parte, explica por qué las ondulaciones superficiales emanadas de la Alta Cordillera en dirección de Occidente a Oriente aparecen en estos lugares poco claras; pues las montañas en forma de cadenas, que se oponen verticalmente a la marcha de las ondas superficiales, les sirven de paragolpes.

En *San Alberto* «casas de abajo», el capataz notó un fuerte ruido en la Alta Cordillera, justamente al Oeste de la estancia. En la misma estancia, pero en otro sitio, llamado «casas de arriba», la casera B. A. declara que hubo un movimiento muy fuerte y muy largo; la puerta del dormitorio, orientada de Oeste a Este estaba con una hoja abierta, como de costumbre; pero, con el vehemente balanceo de Oeste a Este, ésta se cerró tan firmemente que los ocupantes no la pudieron abrir sino por un esfuerzo extraordinario. Tanto en *Tambillo* como también en *Chiquero*, los inquilinos habían sentido un gran ruido en la Cordillera sin poder apreciar bien su dirección; pero que, sin duda venía más bien del Sur y no del Norte de la Alta Cordillera.

Barreal. Provincia de San Juan, a 140 kilómetros al Norte de la Estación de Uspallata, sobre la margen derecha del Río de los Patos.

El capataz de Chiquero, gozando una licencia de Semana Santa, se había ausentado a Barreal, adonde presenció el fuerte temblor. El informante declara:

« Estaba sentado con otros compañeros al lado del fuego bajo el corredor, cuando sentimos un true-

no ronco lejano que venía de Sur a Norte dentro de la Sierra Alta. En aquel momento no notamos todavía ningún estremecimiento del suelo, pero luego empezó la tierra a moverse, también en dirección de Sur a Norte, que es el rumbo que allí sigue el Río de los Patos. Cuando el temblor ya había cesado, se pudo notar todavía un ruido en la Cordillera Alta, que continuó más al Norte.

El fenómeno, en total, habrá durado cerca de dos minutos.

VII

Determinación macrosísmica de la Región Epicentral

Si recapitulamos las direcciones del movimiento sísmico observadas en diferentes puntos de los valles de Uspallata, del Río de los Patos, y en la parte media del Río Mendoza, representándolas gráficamente por líneas rectas en un plano topográfico, debemos suponer que tales líneas convergen hacia una zona que comprenda el punto de partida, o el epicentro del movimiento sísmico.

La determinación gráfica del epicentro de un temblor, teóricamente parece muy sencilla, pero prácticamente este método deja mucho que desear, especialmente cuando se trata de un territorio tan accidentado como lo es la Cordillera de los Andes.

Sin embargo, vamos a emprender el ensayo, teniendo siempre presente que el epicentro no puede ser jamás un punto matemático, sino una zona de dimensiones más o menos amplias.

Partiremos, para fijar la latitud del epicentro, de San Alberto como base. Más al Sur de este lugar, la dirección macrosísmica era Oeste a Este, con una pequeña inclinación al Norte. Al Norte de San Alberto, el ruido notado en la Alta Cordillera venía del Sur. En San Alberto, tanto en las casas de arriba, como en las casas de abajo, el ruido y el movimiento mismo vinieron visiblemente del Oeste. Por esta razón podemos aceptar, sin temor a gran error, que el epicentro esté situado sobre el *mismo paralelo* de San Alberto, o sea entre $32^{\circ}4$ y $32^{\circ}3$ S, según el mapa geológico de Stappenbeck.

Comparada esta latitud con la del Cerro Aconcagua, que es, según Schiller, $32^{\circ}7$ S; resultaría que el epicentro está de 30 a 40 kilómetros más al Norte que la cima más culminante del Aconcagua; y *cotejando el resultado de la investigación macrosísmica con el epicentro calculado por el doctor Lünkenheimer, en La Plata, encontramos una brillante conformidad en la determinación del epicentro primario, tanto por vía macrosísmica como por vía microsísmica.*

La determinación de la longitud de la Región Epicentral ofrece, al parecer, mayores dificultades; pues las investigaciones ejecutadas en Cuevas, Puente del Inca, Punta de Vacas y Zanjón Amarillo dieron resultados no previstos. Por este motivo tuvo que postergarse la resolución del problema mencionado ya anteriormente a otra ocasión más propicia. Este caso, propicio efectivamente, se ha presentado con motivo de la determinación definitiva de la latitud del epicentro.

El hecho más notable consiste en que la zona epicentral no coincide con el macizo del Aconcagua, como en un principio parecía, sino que ella está ubicada 30 a 40 kilómetros más al Norte, circunstancia que nos explica por qué *la propagación del movimiento hacia el Sur fué casi completamente amortiguada.* El coloso montañoso del Aconcagua, de 7020 metros de altura, con su ancha base, sirvió de paragolpe a

las ondas sísmicas que se dirigían desde el epicentro al Sur ; por *esto toda la zona de Puente del Inca etc. ha permanecido en la Sombra Sísmica*. Hemos dejado constancia que el Puente natural del Inca varias veces amenazado de destruirse por la continua erosión del Río Mendoza, con sus célebres fuentes termales y con el gran Establecimiento Balneario, a pesar de ser el lugar habitado más próximo al Aconcagua, ha sido afectado menos por el terremoto que las poblaciones situadas más al Este y más al Oeste. Hemos visto que la línea del Ferrocarril Trasandino, que cruza el valle de los Horcones frente al Aconcagua con un puente de regular extensión ; que los tuneles de madera, contruídos para proteger la línea férrea contra la invasión de la nieve inverniza, que con su extenso frente, expuesto hacia el Norte, hubieran ofrecido al movimiento ondulatorio o trepidatorio de Norte a Sur una línea de ataque en extremo propicia, no han sufrido el más pequeño deterioro. Todos estos hechos asignados son una prueba elocuente que el macizo del Aconcagua se ha constituido en un poderoso protector contra la invasión de la actividad sísmica emanada desde el foco situado en sus estrivaciones septentrionales.

La relativa estabilidad sísmica del suelo de Puente del Inca y de sus alrededores es, al mismo tiempo, un indicio seguro de que no debemos buscar la región epicentral ni al Noreste, ni al Noroeste, sino al Norte mismo del Aconcagua, es decir sobre el mismo meridiano de la cúspide del gigantesco coloso, pues, en caso contrario, la sombra sísmica no hubiera caído sobre su propio meridiano. Por tanto es lógico que, como el Aconcagua se encuentra sobre el meridiano 70°W Gr. también el epicentro debe tener la misma longitud, más o menos, quiere decir que la región epicentral se halla todavía en territorio Argentino, pero muy próxima a la frontera Chilena.

Agregando a este resultado el obtenido anteriormente, respecto de la determinación de la latitud, llegamos a la siguiente conclusión :

Que las coordenadas geográficas del Epicentro Primario del Terremoto Chileno-Argentino del 14 de abril de 1927 son :

$$70^{\circ}\text{W Gr. y } 32^{\circ}3 \text{ a } 32^{\circ}4 \text{ S}$$

Si admitimos, como hemos dicho ya, que el foco de un terremoto tectónico nunca puede ser un punto matemático, sino una zona más o menos vasta, cuya extensión depende, no solamente de la estructura del subsuelo, sino también la distancia del hipocentro al epicentro, podemos decir que la investigación macrosísmica y las determinaciones microsísmicas han llegado a un mismo resultado ; pues, la diferencia de ni siquiera medio grado en la longitud ($69^{\circ}6\text{W Gr.}$ calculada en La Plata ⁽¹⁾ y 70°W Gr. encontrado en Mendoza) está perfectamente dentro de los límites de errores admisibles.

Una vez determinadas las coordenadas del epicentro, tendríamos que decir algunas palabras sobre la extensión de la región epicentral y la influencia que ella ha ejercido sobre la llanura.

La circunstancia ya notada, que Puente del Inca se encuentra en la sombra sísmica, indica que la región epicentral no pasa del Aconcagua ($32^{\circ}7 \text{ S}$) al Sur. Exactamente lo mismo ocurre en la llanura mendocina, porque del mencionado paralelo al Sur la intensidad del temblor disminuyó casi de golpe ; las cañerías del agua corriente no sufrieron ningún desperfecto.

Muy distinto es lo que pasó al Norte del paralelo $32^{\circ}7 \text{ S}$. Si arrojamamos una mirada sobre el mapa geológico del doctor W Schiller *La Alta Cordillera de San Juan y Mendoza*, fijando en él las coordena-

(1) Véase el apéndice página 105.

das del epicentro, notamos que ellas se intersecan cerca de una región, adonde los conglomerados terciarios son cortados por una falla que los separa de los pórfidos de naturaleza plutónica (perfil IV); además corre, no muy lejano, el Río de los Patos, cuyo valle con rumbo Sur a Norte ha servido de directriz de propagación del gran movimiento hacia el Norte. No es posible fijar el límite septentrional de la región epicentral; pero, a juzgar por la gran intensidad que tuvo el temblor en Barreal y en San Juan, se deduce que éste ha llegado hasta muy al Norte. Con este hecho está en perfecta armonía lo que se ha observado en la llanura mendocina desde el paralelo $32^{\circ}7$ S hacia al Norte — la destrucción parcial de Mendoza y la interrupción de las cañerías del Agua Villavicencio hasta 40 kilómetros al Norte de Mendoza.

Se confirma aquí, una vez más, lo que hemos pretendido en otras ocasiones que *el paralelo 33° S, más o menos, es el límite austral de la Zona de los Grandes Movimientos Tectónicos y Sísmicos en la Cordillera de los Andes.*

VIII

Las consecuencias del Terremoto Argentino-Chileno del 14 de abril '1927, sentidas en Chile

No podemos prescindir de algunos datos históricos y geológicos si queremos apreciar en su verdadero valor, los sucesos ocurridos en la vecina República, durante la madrugada del 14 de abril último.

Es una experiencia muy antigua en Chile que las áreas de conmoción de la gran mayoría de temblores y terremotos, se extendieron mucho más en sentido Norte-Sur que Oeste-Este, por lo que estos se llamaron temblores y terremotos longitudinales. Los círculos científicos de entonces se conformaron con interpretar este hecho como consecuencia de las condiciones orográficas del territorio chileno, en cuyo relieve predominan las montañas en forma de cadenas con rumbo NS, paralelas a la costa del Pacífico. No tan fácil era coordinar las opiniones sobre los menos numerosos temblores y terremotos llamados transversales que se propagaban de Este a Oeste o viceversa. A. Pissis, Ignacio Domeyko, Paulino del Barrio y W. Díaz clasificaron el terremoto de Mendoza, de 1861, en esta categoría, aunque este mismo en Chile no había pasado el grado de intensidad de un temblor común. Domeyko se expresa como sigue: « He aquí, pues, un gran terremoto que se ha propagado de Este a Oeste, transversalmente a la cadena de los Andes y que sacudió en un mismo instante todo el macizo de estas montañas desde las Pampas al Pacífico, en el mismo lugar en que los Andes tocan al máximo de su altitud. El centro de conmoción ha estado ahora al otro lado de las Cordilleras, al contrario de lo que he observado durante los 22 años que habito en Chile. »

Montessus de Ballore en su *Historia Sísmica de los Andes Meridionales* (Quinta parte), al tratar del Terremoto de Valparaíso de 1906, suministra datos de alta importancia científica que se relacionan con el terremoto último. Sus palabras textuales son: « las observaciones del Servicio Sismológico, implantado desde 1907, demuestran que casi todos los temblores fuertes o extensos que sacuden Valparaíso y Santiago, se originan en el valle del Aconcagua, y la historia de los terremotos anteriores nos enseña lo mismo respecto a estos mismos infaustos fenómenos desde más de tres siglos y medio. A pesar de la inmensa extensión que abarcó el área de sacudimiento en sentido Norte-Sur, desde Tacna hasta Ancud, en nuestra interpretación de los hechos, se trataría de un fenómeno sísmico transversal a los Andes; dedu-

ciéndose también esta opinión de que no hubo maremoto, un fenómeno accesorio, que no hubiera dejado de producirse si el movimiento tectónico se hubiera originado en el Pacífico. Los valles del Aconcagua, desde su confluencia con el río Putaendo hasta el mar, y de los ríos Limache y Quilpué, formarían la zona epicentral, es decir el área efectiva y directamente puesta en movimiento tectónico. »

Aquí debo hacer mención de una observación que me fué comunicada por el señor K., testigo fidedigno de la catástrofe de 1906. El referente vivía entonces en la Pensión Pott, Cerro Alegre, Valparaíso. Aunque el terremoto en aquella zona no había producido desperfecto alguno, el efecto que causó a las personas que lo presenciaron fué horrible. La dueña de la Pensión había sufrido un choque de nervios cuyas consecuencias se le conservaban durante muchos meses, irritándose su sistema nervioso a cada posttemblor, de una manera tan violenta, que la pobre señora prorrumpió en gritos convulsivos. Lo más raro era que dicha persona sintió las conmociones varios segundos antes que la demás gente se diera cuenta de lo que iba a ocurrir. K., interesado en estudiar la causa del presentimiento de la dueña de casa, se propuso salir al aire libre inmediatamente después de sentir los gritos alarmantes de la pobre señora; y entonces, siendo una noche muy en calma, pudo distinguir desde muy lejos los relinchos angustiosos de los animales caballares, mulares y asnos, y los aullidos de los perros que, en dirección de Este a Oeste, se aproximaban al observador. Recién cuando la alarma se había apoderado de los animales de la vecindad inmediata, momentos después, la tierra empezó a temblar. K. repitió la misma observación varias veces, y siempre se producían los alborotos en la misma forma y en la misma dirección, como si ellos vinieran del Aconcagua, bien visible desde el Cerro Alegre.

Esta observación pone de manifiesto que, con motivo del terremoto de Valparaíso de 1906, en todo el valle del Aconcagua se había alterado su equilibrio sísmico; pero la perturbación del estado sísmico no se había limitado al flanco occidental de la Alta Cordillera, ella había afectado igualmente la falda oriental del macizo del Aconcagua, hecho que se manifestó por más de cien post-temblores locales sentidos en Mendoza, sin aparatos registradores, desde el 16 de agosto hasta fines del año 1906. Más aun, la extraordinaria actividad sísmica continuó sobre el mismo paralelo 33° S, en 1907, en los departamentos del Este de la Provincia de Mendoza, para terminar recién en 1908 en la Sierra de Córdoba y San Luis. Véase mi trabajo: *Die Erdbeben von Mendoza, etc. Gerlands Beiträge zur Geophysik*, tomo XI, números 2 y 4; Leipzig 1912. De allí se deduce que *la gran línea sismo-tectónica transversal del Valle del Aconcagua tiene su prolongación hacia el Este atravesando la mitad del Continente Sudamericano*.

Parece que la región epicentral del terremoto de Valparaíso se encuentra mucho más próxima al Aconcagua de lo que supone Montessus de Ballore, pues durante casi todos los grandes temblores que he presenciado en Mendoza pude observar que el epicentro, o sea el punto de partida del movimiento estaba situado, o en la Precordillera o en la Alta Cordillera de los Andes, mientras que la región de máxima convulsión (región pleistosista) estaba circunscrita a determinadas localidades de la llanura.

No será seguramente una casualidad que las líneas sismo-tectónicas transversales sean tan pronunciadas a ambos flancos de la Cordillera de los Andes, justamente en la parte, adonde esta última llega a sus cumbres más elevadas; el mismo proceso geodinámico que originó el solevantamiento del Aconcagua tuvo por consecuencia la ruptura de la costra firme, tanto del lado chileno como dentro del territorio argentino, especialmente del viejo contrafuerte de la Precordillera mendocina.

En lo referente al valle longitudinal de Chile, en cuya planicie se han fundado los cimientos de las ciudades Putaendo, San Felipe, Los Andes y de la capital de la vecina República de Chile, dejemos la

palabra al renombrado geólogo A. Pissis, quien en su *Geografía Física de Chile*, se expresa de la siguiente manera : « Una de las circunstancias más notables de la orografía de Chile es la existencia de este largo valle que sigue el pie de la Cordillera de los Andes, y se extiende sin interrupción desde el grado 33° hasta los 42° S. Es como una inmensa grieta, cuyos vestigios principian a notarse desde el Desierto de Atacama. Al Oeste de la Cordillera de los Andes y sobre el eje de la gran planicie longitudinal existe otra línea traquítica, cuya presencia se manifiesta de trecho en trecho, por pequeños grupos de cerros de naturaleza eruptiva, que se levantan en medio de esta planicie. En la provincia de Santiago se manifiesta por el Cerro de Chada, el Cerro de Santa Lucía, el Cerro Blanco y el de San Cristóbal ; se ve, pues, que las rocas traquíticas (eruptivas) se hallan situadas en Chile sobre dos grandes líneas paralelas, una que sigue aproximadamente el eje de la Cordillera de los Andes, y la otra, la gran planicie longitudinal. Las grietas que se han abierto para dar salida a estas rocas se extienden así a lo largo de Chile, siguiendo una dirección que se alejaba poco de las grietas por donde habían salido los granitos y sienitas (antiguos); de este modo, los levantamientos que han producido han ido a juntarse con los que habían trazado las primeras líneas y han aumentado, de un modo muy notable, la altura de estas cerranías. Este levantamiento parece haber principiado a fines del período jurásico y continuado todo el período terciario. « La *Historia Sísmica de los Andes Meridionales* » nos enseña, que el valle longitudinal de Chile ha sido, desde el tiempo de la conquista española, la cuna de numerosísimos fenómenos sísmicos y terremotos catastróficos, de suerte que la inmensa depresión entre la Cordillera de los Andes y la Cordillera Marítima debe considerarse como otra gran línea sismo-tectónica con rumbo Norte-Sur, que cruza la del Valle del Aconcagua bajo ángulo casi recto.

Los antecedentes sismo-tectónicos, que acabamos de consignar, nos han servido de base y programa para las investigaciones macrosísmicas verificadas en el terreno sobre la vasta área de convulsión sísmica en territorio chileno, extendiéndose las líneas estudiadas, desde Los Caracoles hasta Valparaíso, en dirección de Este a Oeste, y desde Putaendo hasta Santiago en dirección de Norte a Sur.

LA LÍNEA SISMO-TECTÓNICA TRANSVERSAL DEL VALLE DEL RÍO ACONCAGUA

Los Caracoles. — Estación del Ferrocarril Trasandino, a la salida occidental del túnel internacional. El movimiento sísmico era allí muy fuerte, pero sin causar daños materiales ni personales; la dirección era ENE a WSW ; gran ruido en la Cordillera, especialmente en la cadena fronteriza.

Juncal. — Temblor muy fuerte, sin perjuicios ; los datos sobre la dirección eran muy vagos, parecía que todos los cerros vecinos se estremecieran.

Río Blanco. — Estremecimiento muy fuerte, sin producir daños ; respecto a la dirección las opiniones estaban divididas, pero predominaba la de que el movimiento hubiera venido del NE, paralelamente al valle del Río Juncal (curso superior del Río Aconcagua).

Los Andes. — Esta ciudad está situada, a la vez, en el Valle del Aconcagua y en la planicie del valle longitudinal; y, por consiguiente, ella fué afectada por dos movimientos consecutivos diferentes ; el primero venía paralelamente al río Aconcagua de Este a Oeste, produciendo daños materiales en la parte Norte de la ciudad ; el segundo, procedía con rumbo de Norte a Sur, afectando especialmente los barrios meridionales del radio urbano. Sobre las causas del doble movimiento y de la distribución de sus áreas respectivas de conmoción, hablaremos en el párrafo subsiguiente.

San Felipe, se encuentra en condiciones topográficas semejantes a las de Los Andes, pues también allí se han distinguido dos movimientos diferentes respecto de su dirección de propagación y de los efectos producidos. La capital de San Felipe está situada igualmente en el Valle del Aconcagua y, a la vez, en el valle longitudinal central de Chile, cruzándose en su proximidad las dos grandes líneas sismo-tectónicas mencionadas anteriormente. El movimiento de Este a Oeste ha predominado en la parte meridional de la ciudad, habiendo dejado rastros inequívocos en la Estación del Ferrocarril y en el barrio circunvecino.

San Roque. — El temblor ha producido en esta población la caída de varias habitaciones mal construidas y el agrietamiento de muchas otras, y, según noticias recogidas en la Estación del Ferrocarril, la dirección del movimiento fué de Este a Oeste.

Llaillai. — El temblor fué muy fuerte, la Iglesia sufrió desperfectos de importancia. La dirección era difícil de constatar porque las habitaciones son construidas con esqueletos de madera.

Valparaíso. — El temblor produjo pánico general, pero no tuvo consecuencias fatales. La dirección era netamente de Este a Oeste, sin intervención de algún movimiento en otro sentido. El tipo de las ondas sísmicas era semejante a las olas marinas lo que prueba que el epicentro se encontraba a distancia relativamente grande. Varios edificios sufrieron un ligero agrietamiento, especialmente cerca del Puerto. En el Hotel Herzog ocurrió el caso que todas las botellas con licores expuestas sobre un estante de la cantina, orientado en dirección de Este a Oeste, corrieron, en presencia del cantinero, lentamente en esta dirección, acumulándose en el extremo occidental de los tableros. En el almacén « Emporio Esmeralda », ciudad baja, fué herido el dueño del mismo por latas de conservas, que le cayeron sobre la cabeza en el momento que abrió la puerta de un armario muestrario que miraba al Occidente; luego pudo constatarse que casi todas las mercaderías almacenadas sobre la misma pared del muestrario habían corrido hacia el Oeste. En la parte alta de Valparaíso el efecto del temblor fué el mismo que en la playa. En una casa particular, sita sobre el Cerro Alegre, una biblioteca con libros, apoyada contra la pared que mira al Oeste, cayó al Occidente; en otra pieza se trasladaron, en la misma dirección, muchas placas fotográficas, rompiéndose en el suelo. El joven G. W presenció el fenómeno sísmico desde el principio hasta el fin, estando recostado en cama en el 4º piso de la casa ya mencionada; él declara que el movimiento empezó suavemente, pero aumentó de intensidad paulatinamente hasta tal grado, que desde la cama distinguió claramente el balanceo de la casa en sentido de Este a Oeste, que le hizo la misma impresión que si se encontrase a bordo de un buque. El fenómeno terminó en la misma forma que había principiado.

LA LÍNEA SISMO-TECTÓNICA DEL VALLE LONGITUDINAL DE CHILE

La población más próxima al Epicentro Primario del terremoto del 14 de abril, en territorio chileno, es la ciudad de Putaendo, y por este motivo he prestado a este pueblo una atención especial. Dicha ciudad está situada sobre la margen izquierda del río de igual nombre, cuyo valle se extiende de NNE a SSW, hasta que termina cerca de San Felipe, adonde el Río Putaendo desemboca en el Río Aconcagua. Sus coordenadas geográficas son más o menos 32°6 S y 70°7 W Gr. Al lado oriental del Valle de Putaendo se levanta una alta cadena de montañas que pertenece ya a la Cordillera de los Andes, que separa la ciudad de la región epicentral, y que la protege contra la invasión de las ondas superficiales (destructoras), que parten del epicentro en dirección de Este a Oeste. Pero, en cambio, a causa de su corta distancia, de

menos de 70 kilómetros al Epicentro Primario, los efectos del terremoto en Putaendo no podían haber quedado desapercibidos; y esto, con mayor razón, porque en otros tiempos el Valle de Putaendo ha sido el escenario de convulsiones sísmicas extraordinarias, en prueba de la gran inestabilidad de su subsuelo y de la probable existencia de un foco sísmico local.

La investigación en el terreno ha confirmado el criterio preconcebido.

Dejemos la palabra al anciano R. P. don I. C., cura párroco de Putaendo :

« Yo estaba despierto y recostado en la cama en mi dormitorio, cuando *hacia el Norte sentí un trueno largo que parecía aproximarse a mi sitio* aumentando de intensidad cada vez más hasta tornarse en *ruido subterráneo pavoroso*. Vivo aquí desde muchos años y he presenciado numerosos temblores, entre ellos el terremoto de Valparaíso de 1906, pero ninguno me ha hecho la impresión y me ha dejado consternado como el del 14 de abril último.

« Parecía que ni la casa ni la iglesia iban a resistir las brutales convulsiones del suelo que se manifestaban en forma de golpes verticales de abajo para arriba, sin que hubiera sido posible distinguir algún rumbo horizontal. Tengo la costumbre de quedar en cama, cuando ocurre algún temblor de noche, pero esta vez me levanté, colocándome bajo el marco de la puerta de mi dormitorio escuchando el ruido y los golpes que las tejas del techo de la casa y de la iglesia producían al caer al suelo. No me era posible apreciar el tiempo que duró el fenómeno, sólo puedo manifestar que era muy largo. »

Cuando el cura había terminado su declaración, me invitó a recorrer el interior de la casa parroquial y de la iglesia para explicarme, en el terreno, los efectos del gran temblor. La iglesia es de construcción muy sólida, las murallas principales, hechas de ladrillos, tienen cerca de un metro de espesor; el eje mayor de la nave está orientado de Occidente a Oriente, quedando el frente del lado occidental sobre la Plaza Principal. El techo está cubierto de tejas de barro cocido y representa dos grandes planos uniformes inclinados al Norte y al Sur; allí fué el efecto más notable del fenómeno sísmico, pues, las tejas se habían desplazado, casi en su totalidad, rompiéndose gran parte de ellas en el suelo. No fué así en la casa del cura, que también está techada con tejas de la misma clase; allí, solamente una parte del techo tiene inclinación al Sur, mientras que las piezas y corredores principales miran al Oeste y Este, siendo el declive del techo al Este.

Ahora, resulta el interesante hecho que el temblor desplazó las tejas sobre la parte del techo con inclinación al Sur, dejando intacto el techo con declive al Este.

Si tenemos en cuenta que el techado con tejas que se acostumbra en Chile hace necesario un declive más rápido del que se usa en la Argentina para techos de cañas y barro, y si fijamos nuestra atención en la manera de construirse los techos de tejas en las poblaciones del interior de la República vecina, tenemos allí un elemento de juicio práctico respecto de la determinación, no solamente de la dirección sino también de la naturaleza misma del movimiento sísmico que los afecta.

Como las tejas se fijan sobre el armazón de madera del techo solamente por medio de un garrón de 2 a 3 centímetros de largo, sin otro afianzador para impedir su caída, lógico es que un movimiento sísmico brusco, con amplitudes bastante pronunciadas, que venga paralelamente al eje de las tejas, las pueda desalojar de su sitio mucho más fácilmente que cuando las ondas tengan una dirección que cruza la primera bajo ángulo más o menos recto. Este caso ocurrió en los techos de la iglesia y de la casa parroquial de Putaendo; pues el movimiento que procedió de Norte a Sur destruyó sólo los techos que tenían su declive hacia el Norte y hacia el Sur; los que tenían su declive hacia el Este quedaron ilesos.

El desplazamiento de las tejas comenzó, probablemente, en la arista del techo, saltando primero los caballetes, y dando así más huelga a las cabezas de las tejas, sostenidas entonces exclusivamente por su garrón en el armazón de madera sin ningún contrapeso. Así es que la orientación de los techos deteriorados nos puede dar un indicio sobre la dirección del movimiento sísmico; pero, por otra parte, los efectos producidos en dichos tejados por los temblores, nos pueden servir también para deducir algunas características del movimiento mismo. El movimiento horizontal de ondas largas de procedencia de un foco relativamente lejano, seguramente afectaría menos los tejados usados en Chile que el movimiento con tendencia vertical originado por un centro cercano, y, por consiguiente, de amplitudes más pronunciadas. Los hechos observados en Putaendo nos conducen a la conclusión de que el fenómeno de la madrugada del 14 de abril ha tenido su punto de partida al Norte y a corta distancia de dicha población, no al Este como se pudiera suponer sin conocerse los hechos. Sigamos acompañando al R. P. C. en la inspección ocular de la iglesia.

El altar ocupa la parte oriental de la nave, dirigiendo su frente hacia el Occidente; de los numerosos candeleros que lo adornan, varios habían caído al Sur, igualmente una estatua colocada sobre uno de los escalones al pie del altar. El desperfecto más notable corresponde a la parte media de la nave, es decir, entre los extremos oriental y occidental, adonde las paredes más largas están desprovistas de paredes transversales; allí son más numerosos los desprendimientos y agrietamientos del revoque, allí se soltó un arcángel de un pedestal, quedando inclinado contra la pared del lado Norte. En fin, todos los detalles que se presentaron a nuestra vista demostraron, a la evidencia, que el movimiento tenía rumbo más o menos Norte-Sur. Conversamos después con varios otros testigos oculares del fenómeno sísmico, y todos armonizaban en la declaración que el temblor había venido del Norte, agregando algunos : *como casi siempre*, estas pocas palabras son significativas, pues ellas corroboran nuestra conclusión, según la cual debe existir un foco sísmico local al Norte y próximo a la ciudad de Putaendo.

No será superfluo citar en este lugar el resultado obtenido por Montessus de Ballore con motivo de la investigación sobre el terremoto de Valparaíso en 1906. A página 54 de la obra ya mencionada anteriormente, dicho autor escribe bajo el título : « *Alrededores de Putaendo* » : Los datos obtenidos son deficientes, pero bastante precisos para que, sin vacilación alguna, se pueda asignar el grado X (que es el más alto de la escala) a la intensidad del terremoto en las localidades de que se trata a continuación : Rincón de Guzmanes, puede decirse que ya no existe; la casi totalidad de las casas se derrumbaron, algunas de las cuales aplastaron a seis de sus moradores.

« En la quebrada de La Herrera y en El Asiento también cayeron muchas casas, pero no hubo víctimas. Rinconada de Silva también sufrió la caída de casi la totalidad de sus casas, una de las cuales aplastó a un zapatero P. »

Nos resta ahora discutir la cuestión : ¿Qué relación existe entre el Foco Primario al Norte del macizo del Aconcagua y el Foco Local en la proximidad de Putaendo? La contestación a esta pregunta ya no ofrece ninguna dificultad, desde que conocemos lo que ocurrió el mismo día y a la misma hora en Mendoza. En el momento que estalló el terremoto a grandes profundidades en el Foco Primario, partiendo las ondas elásticas radialmente en todas direcciones, fué invadido por ellas también el Foco Local de Putaendo; en el mismo instante las energías potenciales acumuladas en él se convirtieron en energías cinéticas que se propagaron en seguida sobre la línea de menor resistencia predestinada ya anteriormente para tales movimientos, que es el valle longitudinal de Chile con rumbo N-S. Con otras palabras, el Foco Local de Putaendo funcionó como Foco Secundario.

San Felipe. — Cuando tratamos de la línea sismo-tectónica del Valle del Aconcagua, ya dijimos que San Felipe, e igualmente Los Andes, están cimentados en una zona adonde se cruzan en ángulo recto los dos grandes valles y líneas sismo-tectónicas del Aconcagua y el valle longitudinal de Chile, y, por consiguiente, podemos presumir ya de antemano, en dichas localidades, dos movimientos distintos; uno directo que ha tomado su itinerario sobre la línea del Valle del Aconcagua, procedente del Epicentro Primario, y el otro indirecto con rumbo Norte-Sur, procedente del Epicentro Secundario de Putaendo. En realidad, se trata aquí de un caso perfectamente análogo a los que hemos podido observar en Uspallata y al Norte de Mendoza. Como ambos movimientos son la consecuencia de un mismo fenómeno, los llamaremos también, como en Mendoza, primera y segunda fase del terremoto.

La primera fase se desarrolló en San Felipe en forma de un movimiento ondulatorio de Oriente a Occidente, lento al principio, pero aumentando de intensidad gradualmente; a los pocos segundos la dirección cambió en Norte-Sur, y las ondas largas fueron reemplazadas por trepidaciones cortas con tendencia vertical. Ya hemos hecho mención que, en la Estación del Ferrocarril del Estado y en el barrio circunvecino, predominaba el movimiento de Oriente a Occidente, cuyos vestigios están bien visibles en el edificio de la estación misma en forma de grietas y desprendimientos de revoque; pero, a medida que nos aproximamos al centro de la capital de San Felipe, situada más al Norte, los efectos del temblor cambian de aspecto — ellos son causados por la segunda fase. Al frente oriental de la Plaza de Independencia se encuentra la Farmacia Alemana, cuyas paredes interiores están guarnecidas de grandes estanterías llenas de frascos y vasos con productos químico-farmacéuticos. El temblor en cuestión echó al suelo casi todos los objetos colocados sobre los estantes que miran al Norte y al Sur, y ninguno de aquéllos cuyos frentes están dispuestos hacia el Este u Oeste. El único cambio de sitio que se pudo notar después del temblor, consistía en que los frascos habían corrido un poco hacia el Occidente. El mismo dueño de la Farmacia, C. H., persona respetable, que vive desde hace mas de 50 años en aquel pueblo, expresó su extrañez con respecto a este raro fenómeno. El mismo testigo relata que, en su casa particular, sita más al Norte, se desplazaron varios muebles pesados en dirección de Norte a Sur y viceversa; dos puertas de una pared, orientada de Norte a Sur después del temblor no se cerraron más, porque sus marcos habían salido de la escuadra. Una lira de metal que adorna el punto culminante de un edificio moderno con frente al Oriente de la Plaza Independencia, está fuertemente doblada hacia el Norte. Varios vecinos de San Felipe han manifestado que en dicha ciudad no hay casa que no hubiera sufrido algo por el temblor del 14 de abril.

Los Andes. — Esta ciudad ha sido el punto de partida y el punto final de mis investigaciones macrosísmicas en territorio chileno; pues a la ida para Chile hice allí un estudio preliminar que servía de guía para las demas localidades visitadas, mientras que a la vuelta pude completar los datos que habían resultado insuficientes para la fundamentación de mis conclusiones. Para dar un ejemplo citaré el caso de que, al principio, opinaba yo que el movimiento procedente del Epicentro Primario, al llegar a Los Andes, se dividiera en dos corrientes: una que seguía con su rumbo original, de Este a Oeste, hasta Valparaíso; y la otra que se desviara desde Los Andes al Sur, invadiendo la capital de Santiago. Más tarde este concepto se me hizo dudoso, razón por la cual resolví extender las investigaciones más al Norte, hasta Putaendo, adonde tuve la satisfacción de reconocer la existencia de un Foco Secundario.

Esto sucedió después de mi viaje a Santiago y Valparaíso.

En Los Andes se recogieron muchas observaciones, que todas concuerdan en el hecho, de que también allí el fenómeno sísmico del 14 de abril se presentó con dos fases de tipo diferente. En general se puede

decir que la parte del radio urbano situada al Norte de la Plaza Principal, que comprende el Cementerio Católico, las estaciones de los Ferrocarriles Trasandino y del Estado, la Iglesia y el Convento del Tránsito, todos muy próximos al río Aconcagua, estaba más amenazada por el movimiento de Oriente a Occidente, mientras que, desde la Plaza al Sur predominaba más el movimiento de la segunda fase con rumbo de Norte a Sur. Se explica esta circunstancia por la existencia de la montaña plutónica llamada Cerro de la Virgen que se levanta, casi a pique, sobre la margen izquierda (Sur) del Río Aconcagua y al Este de la Plaza Principal. El Cerro de la Virgen, de 185 metros de altura sobre la planicie del Valle Longitudinal mide 3000 metros de base con rumbo Norte-Sur y constituye un paragolpe sísmico, protegiendo los barrios de la ciudad situados hacia el Occidente, contra la invasión de las ondas maximales (superficiales) en dirección de Este a Oeste (primera fase). Hasta la fecha, no he conocido otro caso tan elocuente como éste respecto de la amortiguación de las ondas sísmicas por una montaña, que produce lo que llamamos la *Sombra Sísmica*.

Al lado Norte de la ciudad, adonde el Valle del Río Aconcagua se abre libremente hacia la Cordillera de los Andes, el movimiento de la primera fase de Este a Oeste ha dejado rastros bien definidos. Hé aquí algunas observaciones concernientes. El R. P. S., del Convento del Tránsito, tuvo la amabilidad de enseñarme los desperfectos que el temblor ha causado a su iglesia y a su convento. El templo, ya algo averiado con motivo del terremoto de Valparaíso en 1906, ha sufrido mucho; el frontispicio que mira al Occidente (Calle Maipú) se ha desprendido, en su casi totalidad, de las murallas laterales de la nave, dejando grietas en que, en partes, cabe una mano. Los pilares que sostienen el techo de la iglesia fueron menos afectados, porque ellos tienen armazones de acero que, en su extremo superior, están unidas por medio de travesaños de hierro que forman, en conjunto, un esqueleto resistente. Sin embargo, casi todos los arcos que reúnen entre sí los pilares en dirección del eje mayor de la nave, de Este a Oeste, están agrietados. Los desperfectos asignados son debidos al movimiento sísmico de la primera fase, de Este a Oeste. Pero no faltan tampoco algunos vestigios dejados por la segunda fase, aunque mucho menos pronunciados. El gran altar de base arqueada, dirigido con su frente cóncavo hacia el Occidente, está ricamente adornado con artísticas esculturas y estatuas, y es de notar que los objetos colocados sobre el borde septentrional del altar se han desplazado mucho más que los del borde austral; se deduce de esto, que las trepidaciones procedentes del Norte se debilitaron en su curso por debajo de los fundamentos del altar. Muy significativo es el efecto constatado en el gran salón-biblioteca del Convento del Tránsito. Las cuatro paredes están ocupadas por armarios de un mismo estilo, llenos de libros. En la mañana del 14 de abril el bibliotecario encontró todas las puertas de los armarios, que miran al Occidente, abiertas, y al averiguar la causa de lo ocurrido, vió que los libros habían corrido hacia adelante, es decir, de Este a Oeste, empujando las puertas en el mismo sentido. En la pared opuesta, las puertas habían quedado perfectamente cerradas, pero los libros, dentro de los armarios, se habían arrimado todos hacia el fondo, de suerte que ellos habían verificado el mismo movimiento de traslación de Este a Oeste. En los demás armarios, cuyos frentes están expuestos al Norte y al Sur no se notaba ningún desorden. A juzgar por el efecto tan poco pronunciado, es de suponer, que el movimiento de traslación de Este a Oeste haya sido relativamente suave, ondulatorio con tendencia horizontal. Algo más bruscas fueron las oscilaciones de Este a Oeste en otro departamento del mismo convento, en que una pequeña biblioteca, colocada sobre una mesa y apoyada contra la pared del lado oriental, cayó hacia el Occidente.

En el « Gran Hotel Florencia », a una cuadra de distancia del convento, se habían caído todas las

botellas de sobre los estantes orientados de Norte a Sur, habiéndose hecho muy sensible el balanceo de Este a Oeste en el segundo piso del mismo edificio.

Casi de golpe las manifestaciones sísmicas cambiaron de faz desde la Plaza Principal de Los Andes al Sur; esto es, adonde se interpone el Cerro de la Virgen, entre la parte del radio urbano austral y la Alta Cordillera. En la « Farmacia de la Esmeralda », esquina de la Plaza, cayeron muchos objetos expuestos hacia el Norte. En la iglesia parroquial, otra esquina de la misma Plaza, aún se manifestaron patentes las dos fases del fenómeno sísmico. El Reverendo Padre vicario se encontró despierto en su cama, en el segundo piso, cuando le llamó la atención un movimiento ondulatorio, suave al principio pero que, poco a poco, aumentó de intensidad para convertirse subitamente en una trepidación vehemente (2ª fase), que obligó al referente a abandonar el dormitorio. Pasado el temblor, el vicario volvió al dormitorio encontrando sobre su cama un gran cuadro que se había desprendido de la pared que mira al Sur, de manera que la caída del cuadro había sido provocada por la segunda fase del fenómeno de procedencia Norte-Sur. En la iglesia, varios ángeles y candeleros, que adornaban el altar, frente al Oriente, se encontraron en el suelo hacia el lado Este.

En la Fotografía (casa particular del fotógrafo) de la calle O'Higgins, que pasa por el costado Sur de Plaza Principal, de Oeste a Este, y que topa con el Cerro de la Virgen en su extremo oriental, predominaba, casi exclusivamente, el movimiento con dirección Norte a Sur. Paquetes de placas fotográficas y otros objetos, apilados sobre estantes apoyados contra la pared del Norte, cayeron al suelo en la dirección arriba indicada. En el patio interior, que está rodeado hacia el Norte, Sur y Oeste por habitaciones techadas con tejas de barro cocido, dirigiéndose los declives al centro del patio, ocurrió el mismo caso mencionado, ya, de Putaendo; quiere decir, que las tejas del techo inclinado al Oriente no se movieron, mientras que las colocadas en otro sentido, sufrieron gran deterioro. Aquí, se trata indudablemente, del efecto de la segunda fase del fenómeno sísmico, que aparece más claro, porque el movimiento de la primera fase está eliminado por la oposición del Cerro de la Virgen.

Muy instructivos son los efectos causados por el temblor del 14 de abril en el Cementerio Católico de Los Andes. Dijimos ya que éste está situado en la playa ancha del río Aconcagua, y, por consiguiente, bajo el dominio directo de las ondas procedentes del Epicentro Primario (1ª fase). Las filas de nichos orientadas de Este a Oeste son las más afectadas, especialmente en sus extremos orientales y occidentales. Este fenómeno se puede demostrar, experimentalmente, colocando una serie continua de bolas de máfil en línea recta y haciendo chocar contra uno de sus extremos otra bola en dirección de la misma línea; entonces se verá que la bola que produjo el choque vuelve para atrás, y, simultáneamente, salta la del extremo opuesto quedando toda la serie intermediaria en su lugar.

Un mes después de la catástrofe aún se podía ver nichos con los cajones fúnebres expuestos al aire libre. Igualmente han sufrido grandes deterioros gran parte de mausoleos aislados, entre los cuales se destaca la artística tumba de Juan Pablo Avendaño, construída el año 1868, (véase la fotografía nº 9). El primer piso a nivel de la monumental obra está construído con piedras canteadas y tiene la forma de un prisma de base octogonal; en cada una de las ocho esquinas está aplicada una columna de piedra, adornada en su extremo superior por una estatua de mármol. El segundo piso está hecho de mármol y tiene base cuadrada; en su cúspide lleva una artística cúpula adornada también de una estatua de mármol. El frente del mausoleo y la puerta de entrada están al costado Sur, representando la forma de un doble arco gótico. Durante el terremoto de Valparaíso, en 1906, el mausoleo de Avendaño fué poco deteriorado; se des-

pegó del lado occidental, una de las columnas esquineras, y la estatua que ella sostenía sobre su capitel se desprendió de su base, recostándose hacia el Este, contra el techo del primer piso, sin caer a tierra. Me inclino a creer que el movimiento que ha producido este efecto haya venido del Este, es decir de la Alta Cordillera.

A consecuencia del temblor de abril último cayeron las dos estatuas que coronaban las columnas del lado oriental, también al Este, hecho que documenta claramente la propagación del movimiento sísmico en dirección Este a Oeste; de manera que parece existir una cierta analogía, respecto a su origen, entre el terremoto de Valparaíso en 1906 y el terremoto último. En caso que así fuera, tendríamos que considerar el centro sísmico local de Valparaíso como centro secundario, estando ubicado el correspondiente centro primario en la Alta Cordillera de Los Andes.

El efecto de movimiento Este a Oeste se manifiesta, aún más preciso, en la dislocación de las dos filas de piedras que forman el arco gótico exterior al frente del monumento, pues la fila superior se ha desprendido de la inferior, corriendo como 10 centímetros hacia el occidente, efecto bien visible en la fotografía. Pero, en el mausoleo de Avendaño no faltan tampoco indicios de la segunda fase del fenómeno sísmico; sobre la fotografía se nota que la punta del arco gótico, entre las dos estatuas del frente, está rota; dicho deterioro fué originado por la caída de una estatua de mármol, del tamaño natural de un hombre, que coronaba la cúpula del mausoleo. Se ve, entonces, que la caída se ha verificado hacia el Sur a consecuencia del movimiento en dirección de Norte a Sur.

Creando necesario extender la investigación macrosísmica sobre un punto intermediario entre Los Andes y Santiago de Chile, resolví interrumpir el viaje en *Til-Til* (Latitud $33^{\circ} 1' S$). Por ausencia del señor cura, el sacristán me sirvió de guía en la iglesia parroquial. El temblor fué allí muy fuerte; el desplazamiento de estatuas y otros objetos indicaba el movimiento de Norte a Sur. Según la declaración del sacristán, el fenómeno se inició con un fuerte estruendo al lado Norte, al cual seguía el estremecimiento del suelo; manifiesta, además, que casi todos los temblores vienen en esta dirección y precedidos de ruidos subterráneos.

La señora A. de D., domiciliada cerca de la estación del Ferrocarril, relata: « me encontré enferma de pulmonía en cama, pero despierta, cuando acaeció el temblor. Noté primero que se cayó un santo, colocado sobre el zócalo de la pared Norte; en seguida, las paredes de Norte y Sur balanceaban de N a S; la luz eléctrica suspendida en el centro del dormitorio oscilaba entre Norte y Sur. »

En el Restaurant del Aguila cayeron todas las cristalerías, colocadas en un trinchante, orientado de Este a Oeste, hacia el Sur. En fin, en todas partes, hasta en la destrucción parcial de las pircas de piedras, quedó de manifiesto el efecto del movimiento sísmico con dirección de Norte a Sur, no habiendo ningún indicio de movimiento Este-Oeste.

Santiago de Chile, $33^{\circ} 26'$. La capital de Chile es, sin duda alguna, el pueblo chileno en que el fenómeno sísmico del 14 de abril alcanzó proporciones catastróficas semejantes a las que se notaron en Mendoza. El Director del Servicio Sismológico de Chile, don Carlos Bobillier, fundándose en diagramas incompletos, por haberse saltado las agujas registradoras de los sismógrafos pocos segundos después de iniciarse el terremoto, suponía que el centro sísmico se encontrase en el subsuelo de Santiago mismo. Esta interpretación ocasionó una cierta discrepancia de opiniones entre las autoridades científicas de Santiago, por un lado, y de La Plata y La Paz (Bolivia), por el otro. Las investigaciones macrosísmicas a ambos costados de la Cordillera de los Andes han contribuido a dilucidar el problema respecto del proceso geodinámico tan complicado.

La primera noticia de importancia sobre los efectos ocasionados en Santiago me venía en una carta sin firma, fechada en Santiago, a 27 de abril de 1927, en que su autor se refiere a un artículo mío, publicado en *La Nación* de Buenos Aires, sobre la catástrofe acaecida en Mendoza. La carta dice textualmente lo siguiente: « Que en Mendoza, los antetechos de las casas en dirección Norte-Sur, todos han sido afectados más; pero, en Santiago ha ocurrido lo contrario han sido afectados los colocados en dirección este-poniente; luego, aquí el terremoto tuvo una dirección contraria a la que tuvo en Mendoza. » En lo sucesivo veremos que la observación de nuestro anónimo ha sido acertada.

Llegado a Santiago, el señor Bobillier se puso a mi disposición con la más exquisita amabilidad, acompañándome en varias visitas a los barrios damnificados. Marcados los límites de la zona pleistosista sobre el plano del radio urbano, resultó que el área más afectada tenía una forma irregular, cuyo eje mayor se extendía de Norte a Sur; sus límites son: hacia el Norte, el Cerro Blanco con el cementerio general; hacia el Sur el Cerro de Santa Lucía y parte de la Avenida de las Delicias; hacia el Oeste, la calle San Martín y parte de la Avenida Independencia; y al Este, el Cerro de San Cristóbal, especialmente el costado y pie occidental. Es muy significativo que las mayores destrucciones se encuentren concentradas a los pies y entremedio de los cerros de naturaleza eruptiva, el Cerro de Santa Lucía, el Cerro Blanco y el Cerro de San Cristóbal, que, según Pissis, se levantan sobre la inmensa grieta (línea tectónica) que hoy constituye el valle longitudinal de Chile. La *Historia Sísmica de Los Andes Meridionales*, de Montessus, nos enseña que Santiago, desde la conquista española, ha sido el teatro de numerosísimas convulsiones y catástrofes sísmicas que no se explican de otro modo, sino de suponerse un hogar oculto, un centro sísmico local en las grandes profundidades del subsuelo de la Capital que, a la mejor ocasión y bajo cualquier impulso extraño, ve renacer sus actividades brutales.

En nuestro caso, durante el terremoto último, este impulso ha venido del Norte; no directamente del Epicentro Primario, sino indirectamente del Epicentro Secundario de Putaendo, desde donde el movimiento se propagó sobre la gran línea tectónica del Valle Longitudinal central, que le sirvió de directriz. Sobre este punto daremos algunas observaciones más adelante. Se trata en Santiago de un fenómeno semejante al de Mendoza, con la sola diferencia que, el foco secundario y local de Mendoza fué afectado inmediatamente por las ondas procedentes del foco primario, en dirección Oeste-Este, porque Mendoza se encuentra frente y próxima a la zona pleistosista primaria, es decir, al Norte del paralelo 33° S, y sobre el mismo flanco con el epicentro primario. Santiago al contrario, está situado al Sur del paralelo 33° S, es decir, del lado de la *Sombra Sísmica* y, además, está separada la Capital chilena del epicentro primario por la Alta Cordillera de los Andes.

Montessus de Ballore, en su clásica monografía del *Terremoto de Valparaíso* ya citada, se expresa: « Si se da fé a una opinión común, la parte occidental de Santiago habría sufrido siempre más que la parte oriental en todos los terremotos que le han azotado desde siglos atrás ». Esta opinión pública se ha confirmado plenamente por la severa estadística ejecutada después de 1906, cuyo resultado final culmina en las palabras del autor: « del Este al Oeste los deterioros producidos por el terremoto de 1906 han aumentado (en Santiago) al mismo tiempo que la distancia a los Cerros de Santa Lucía y San Cristóbal ». Esto quiere decir que el efecto destructor al pie de dichos cerros alcanzaba un minimum, y que aumentaba a medida que el observador se alejaba hacia el occidente, esto es, en la dirección que sigue el Valle del Río Mapocho en aquella zona. ¿No indicaría esto que el Río Mapocho hubiera tomado su curso sobre una línea de dislocación transversal con rumbo Este a Oeste, que hubiera servido de directriz a los movi-

mientos sísmicos en épocas pasadas?. Sea de ello lo que fuera, el hecho es que el terremoto del 14 de abril, en Santiago, se ha desarrollado sobre una línea con rumbo Norte-Sur, y con eso hace una notable excepción de la regla empírica establecida por Montessus. Caso análogo ocurrió en Mendoza, pues todos los terremotos y temblores mendocinos anteriores habían sido localizados sobre líneas de dislocación transversales con rumbo Oeste-Este, con excepción del último que hizo revivir una antigua falla longitudinal con rumbo Sur a Norte.

Un ejemplo muy ilustrativo de un temblor con foco cerca de Santiago, es el acaecido el 6 de diciembre de 1850, publicado en *The Un. St. Naval Astronomical Expedition to the Southern Hemisphere during the years 1849-50-51-52*, I. Chile « por el sabio astrónomo norteamericano Gillis, quien lo presenció y estudió personalmente. Montessus en su Historia Sísmica etc. » (IVª parte), se refiere a dicha publicación a página 175, de la cual extraemos textualmente los siguientes datos :

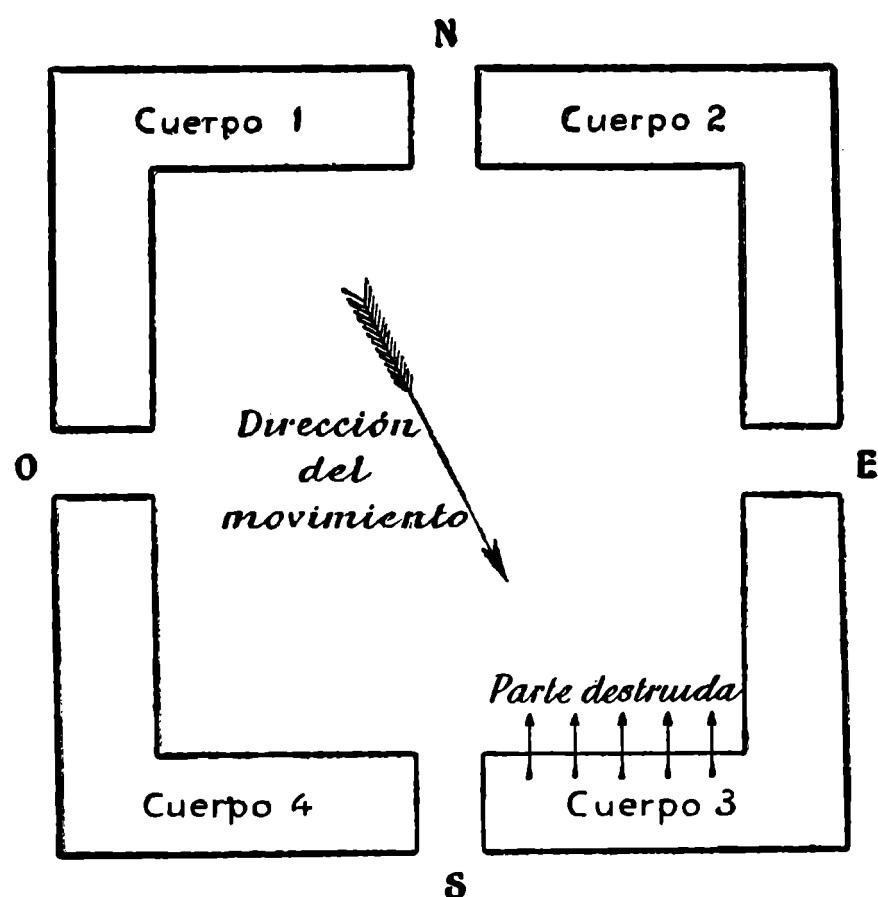
« Predominaba, y con mucho, un movimiento vertical rápido relativamente al movimiento horizontal. En los techos, las tejas ondulaban como olas. Las murallas orientadas Oeste-Este se hundieron en sus juntas con los entablados a tal grado, que objetos pudieron caer del piso superior al piso inferior; al contrario, las murallas orientadas Norte-Sud se agrietaron de abajo hacia arriba. Las cornisas y balaustradas de aquellas murallas (Oeste-Este) se cayeron al suelo, mientras que las de éstas (Norte-Sud) se mantuvieron firmes (véanse fotografías N^{os} 2 y 3, que son de casos análogos).

« El temblor ha sido débil en Valparaíso, Casablanca (70 kilóm. al W de Santiago) y Curacaví (45 kilóm. al W de Santiago), de donde Gillis dedujo que el temblor tuvo su mayor violencia, y, por consiguiente su centro en Santiago. Se desprendieron masas de rocas en los declives de los valles vecinos a las minas de San Pedro Nolasco que se encuentran a 14 kilómetros hacia el Sud de San José de Maipo (menos de 50 kilóm. al Sud de Santiago). »

La exposición de Gillis es tan clara, que no cabe duda alguna respecto a la procedencia del movimiento. La caída de las balaustradas en las calles orientadas de Oeste-Este, y la persistencia de las mismas en las calles orientadas Norte-Sur documenta un movimiento en dirección del meridiano; el desprendimiento de peñascos rocosos a 50 kilómetros al Sur de Santiago y la falta de daños al Norte de ésta, indica que el epicentro del temblor está situado entre Santiago y San José de Maipo; el predominio del movimiento vertical observado en Santiago, y la poca intensidad del temblor en las poblaciones situadas al occidente, o sea, en Curacaví, Casablanca y Valparaíso demuestran que el foco se encuentra próximo a Santiago y dentro del valle longitudinal de Chile.

No puedo terminar el presente párrafo sin hacer mención de algunas investigaciones verificadas en el Cementerio General de Santiago. La cruz que adorna la cúpula del pórtico a la entrada del cementerio quedó inclinada al Norte; los arcos de mampostería, que sostienen la bóveda del atrio, orientados de Norte a Sur, estaban seriamente averiados. Los mausoleos de M. Núñez, de la familia Bouquet, de Claudio Vicuña y muchos otros, demuestran los vestigios patentes del movimiento Norte-Sur, pero el ejemplo más ilustrativo, para juzgar con mayor precisión la dirección de las ondas destructoras, lo ofrece la *Galería Gótica*. Es una obra arquitectónica de base cuadrada que rodea una plazoleta; sus altas paredes llevan, cada una, diez filas de nichos con cajones fúnebres; sus frentes están adornados por arcos góticos, a los cuales debe su nombre; es atravesada por dos anchas calles que se cruzan en su centro en ángulo recto, disposición que divide la Galería en cuatro cuerpos completamente separados, según se ve en el croquis adjunto.

Como las calles están orientadas, de Norte a Sur y de Este a Oeste, los cuatro cuerpos de la Galería ocupan las esquinas 1. NW, 2. NE, 3. SE y 4. SW de la plazoleta, teniendo cada uno la forma de una escuadra con dos aletas de igual largo, pero reforzadas en sus extremos libres por pilares de construcción más sólida. La única parte de la Galería que fué destruída por el terremoto último, es la aleta occidental del cuerpo, marcado con el número 3, es decir la esquina interior que queda a la mano izquierda cuando se sale de la plazoleta en dirección hacia el Sur. La esquina externa de la aleta afectada, que mira hacia el Sur, ha quedado casi ilesa, notándose que las placas con sus inscripciones frente a los nichos y los arcos góticos han sufrido muy poco o nada, mientras que la parte de la aleta que mira hacia el centro de la plazoleta, o sea la esquina interna, ha quedado demolida, habiéndose encontrado, en la mañana de la catástrofe, cerca de treinta cajones fúnebres entre sus escombros. Corrieron, bajo el impulso sísmico, los



cajones fúnebres en la dirección de las pequeñas flechas contra las placas frontales de sus nichos rompiéndolas y cayendo al interior de la Galería.

Veremos ahora qué deducciones se podrá hacer de las observaciones consignadas. En primer lugar tomamos nota de que la parte de la aleta destruída es la que tiene su frente hacia la plazoleta, y, por consiguiente, la dirección de la invasión de las ondas destructoras había sido, más o menos, de Norte a Sur. Pero, aceptando esta suposición, no se explica por qué no han sufrido efecto simétrico las dos aletas vecinas de los cuerpos números 3 y 4, que estarían en iguales condiciones con relación al movimiento sísmico Norte-Sur. Luego parece extraño que los extremos libres de las alas número 1 y 2, frente a la entrada septentrional a la plazoleta, que debían haber sido afectadas en primer término por el fenómeno, no han

experimentado deterioro alguno. Esta circunstancia, por una parte, y el hecho ya mencionado, de que la esquina externa del ala destruída ha resistido el fenómeno sísmico, por otra parte, hace suponer que las esquinas externas de la Galería, sean de construcción más sólida que las esquinas internas. El primer punto, que se refiere a la destrucción asimétrica nos obliga a modificar la supuesta dirección Norte-Sur, y de reemplazarla por otra de Nornoroeste a Sudsudeste, que armoniza perfectamente con la orientación del Valle Longitudinal de Chile, desde Til-Til hasta Santiago, que es la que determina la dirección de propagación del movimiento sísmico, procedente del foco secundario de Putaendo.

Sería superfluo enumerar todas las pérdidas materiales y personales ocasionadas por el terremoto del 14 de abril en Santiago; sólo se puede asegurar que la intensidad del fenómeno ha alcanzado allí proporciones que poco ceden a las producidas en Mendoza. Santiago de Chile y Mendoza, pueblos que distan alrededor de 190 kilómetros uno del otro, estando además separados por unas de las montañas más elevadas del globo, son los únicos puntos en que el fenómeno ha tenido consecuencias catastróficas y en que hubo víctimas personales. Aunque si tomamos en cuenta que en estas dos ciudades, con sus edificios más altos y su población más concentrada, las consecuencias de una catástrofe deben ser más evidentes que en las regiones desiertas, queda este caso muy extraño y, según mi conocimiento, nuevo en la historia

sísmica, pero llama aún más la atención de los sismólogos por la circunstancia que ambas ciudades constituyen los extremos oriental y meridional de la zona sacudida.

Tales hechos no se explicarían de ninguna manera aceptando un solo foco; deben haber intervenido forzosamente, varios hogares sísmicos que, simultáneamente, entraron en coacción pocos segundos después de haberse roto el equilibrio estático en el punto inicial del movimiento, el Centro Primario, cuyas coordenadas fueron determinadas con la mayor precisión posible por el observatorio de la Universidad de La Plata. Las investigaciones macrosísmicas confirman plenamente los cálculos a base de las registraciones microsísmicas; con el estudio de los efectos del terremoto en el terreno, se logró además fijar la ubicación de cuatro epicentros secundarios, de los cuales dos están situados sobre el flanco oriental, y dos sobre el occidental de la Cordillera de Los Andes. Del lado Argentino, el primero se encuentra en la Cerranía del Plata, al Sur de la Estación del Ferrocarril Trasandino de Uspallata; el segundo comprende la región entre la parte septentrional de la ciudad de Mendoza y el distrito de Panquegua, departamento de Las Heras. Del lado chileno, el más próximo al epicentro primario está situado en el valle del Río Putaendo, poco al Norte de la ciudad de igual nombre; y, al fin, el cuarto foco, o epicentro secundario, está ubicado dentro del radio urbano de la Capital de Santiago; a los pies de los cerros de Santa Lucía, de San Cristóbal y del Cerro Blanco.

Al Director del Servicio Sismológico de Chile, don Carlos Bobillier cabe la satisfacción que también la interpretación de sus diagramas mutilados por efecto del mismo terremoto, suponiendo el foco del fenómeno en el subsuelo de Santiago mismo, fué acertada.

IX

Los Post-temblores del Fenómeno Sísmico del 14 de abril último

Es una experiencia antigua que un sismo de mayor importancia es seguido por un cortejo de temblores consecutivos de menor intensidad los llamaremos *Post-temblores*. Si es verdad que en la gran mayoría de los casos éstos son de menor peligro para la humanidad, no por esto carecen de interés científico; pues, su estudio nos ofrece una ocasión propicia para comprobar o corregir las conclusiones derivadas de las observaciones sobre el fenómeno principal mismo. Partiendo de esta base, solicité del señor Bobillier una copia de los post-temblores registrados y anunciados en la Estación Sismológica Central de Santiago, correspondientes al tiempo desde el 14 hasta el 30 de abril, pedido que fué galantemente atendido.

A la cabecera de la nota respectiva encontramos la observación que, desde la hora de la catástrofe, 1^h 41^m 14^s, hasta las 11 horas, tiempo chileno, los sismógrafos no funcionaron por haberse deteriorado por el mismo fenómeno; sin embargo el intervalo de las 10 horas no ha quedado perdido, porque durante él entraron ocho avisos de temblores, sentidos en varias partes de la República. He aquí los apuntes: en la mañana del 14 de abril se anunciaron cuatro temblores distintos en Las Vegas y Quilpué, en La Cruz 2, Llail-lai 1 y Quilicura 1. Después de arreglados nuevamente los sismógrafos, se registró el primer microsismo a las 11^h 53^m 15^s, al que seguían, durante el resto del día 14 de abril, 4 temblores sentidos en San-

tiago y uno en Llai-llai. El día 15 figura con 14 fenómenos sísmicos de los cuales 6 son microsismos registrados en Santiago, 5 son macrosismos sentidos, sin aparatos, igualmente en Santiago y 3 en Las Vegas. El día 16 ocurrieron 4 sismos, correspondiendo uno a la Villa Alemana, uno a Las Vegas y dos microsismos a Santiago. Durante el día 17 hubo también 4 fenómenos macrosísmicos, 3 en Santiago y 1 en Las Vegas.

El día 18 sólo se registraron 4 microsismos en Santiago. Al 19 corresponden 3 macrosismos, uno sentido en Til-Til y a la vez en Santiago, el segundo en Las Vegas y el tercero sólo en Santiago. El día 20 hubo un temblor en Santiago, uno en Iquique y otro en Santiago. Durante el día 21 de abril tembló una vez en Santiago y además se registró un microsismo. El 23 tembló primero en Santiago y, después, simultáneamente en Santiago, Til-Til y Limache. El 25 hubo temblor en Las Vegas, el 26 en Santiago, el 27 en Quilpué, el 28 tembló dos veces en Las Vegas, repitiéndose otros dos temblores el día siguiente y uno el día 30, al que seguía el último del mes en Quilicura.

El número total de post-temblores sentidos y registrados en Chile, durante los 17 días arriba indicados, es de 59, de los cuales 17 son microsismos y 42 temblores apercibidos sin aparatos. Ahora, lo que nos interesa, ante todo, es la distribución de los temblores consignados, en el territorio Chileno. En primer lugar podemos constatar que sólo 3 avisos fueron recibidos de lugares situados fuera de la zona de mayor conmoción: uno de Iquique, el día 20, y dos de Quilicura, los días 14 y 30 del mismo mes. Todos los demás datos corresponden a las dos grandes líneas sismo-tectónicas de que hemos hecho mención en capítulos anteriores.

A pesar de que la serie de los post-temblores es incompleta, pues me consta que en Los Andes, San Felipe y Putaendo hubo también varios de que no se dió aviso a la Estación Central, pero de los cuales fué imposible fijar posteriormente las fechas respectivas, los datos apuntados nos proporcionan una ligera idea sobre la localización de los movimientos sísmicos dentro de las fajas sacudidas. Si buscamos sobre el mapa los pueblos Limache, Quilpué, Villa Alemana, La Cruz, Las Vegas y Llai-llai, veremos que ellos están ubicados en el valle del Río Aconcagua, mientras que Til-Til y Santiago pertenecen exclusivamente al valle longitudinal central de Chile. De los 39 macrosismos, corresponden 22 únicamente a la línea sismo-tectónica del valle del Aconcagua, y 17 al valle longitudinal, a los cuales hay que agregar los 17 microsismos registrados en Santiago, los que dan un total de 34 fenómenos sísmicos. El único temblor que hizo su efecto simultáneamente sobre las dos líneas, es decir, en Santiago, Til-Til y Limache, ocurrió el día 24 a las 1^h20^m53^s, hora chilena.

Con la serie de post-temblores chilenos y su respectiva distribución, queda demostrado que los conceptos vertidos respecto a la situación de dos grandes líneas sismo-tectónicas que nos sirvieron de base para las investigaciones macrosísmicas, responden a la realidad; pues la alteración brusca del equilibrio de grandes porciones de la costra firme de la litósfera, que se exterioriza mayormente sobre las grandes fallas o líneas de menor resistencia, tiene que provocar movimientos posteriores tendentes a restablecer paulatinamente el estado normal, y estos movimientos compensatorios — post-temblores — estarán lógicamente localizados sobre las mismas fallas afectadas en mayor grado por el fenómeno provocador.

Los post-temblores del lado argentino, en general, han sido menos numerosos, pero no por esto menos interesantes. Durante el resto del mes de abril fueron avisados sólo dos sismos, el primero el día 15, observado en Zanjón Amarillo, que era una réplica del gran fenómeno del día anterior, y el otro el 30, sentido suavemente en Mendoza y Godoy Cruz. Durante el mes de Mayo hubo tres movimientos suaves, corres-

pondientes a los días 7, 14 y 31, apercibidos en la proximidad del epicentro local de Mendoza. En Junio ha temblado sólo una vez en Mendoza, el día 2, y una vez en San Juan el día 17. Un día sísmico de importancia fué el 19 de Julio. Hay noticias al respecto de la zona central del Valle del Aconcagua, en Chile; además de San Juan y de varios puntos de la provincia de Mendoza; pero la parte más afectada se encuentra en la proximidad del epicentro secundario del terremoto del año 1920, es decir, en los departamentos de San Martín, Junín y Rivadavia, adonde el movimiento se repitió varias veces el mismo día y el día siguiente, llegando la intensidad al grado VI de la escala de Mercalli; también fué registrado en el Observatorio de La Plata. El día 23 hubo un ligero temblor en Mendoza; y el último del mes se sintió simultáneamente en Mendoza y San Juan el día 28 de julio.

Mucho me extrañaba que, durante todo el tiempo transcurrido hasta esta fecha, no se había recibido noticia alguna de la región del Sur, que con motivo del terremoto había quedado en la sombra sísmica. Este hecho se debe interpretar en el sentido que, la línea (tectónica?) que había obstruido la propagación del movimiento sísmico hacia el Sur y que corre paralelamente al grado de latitud 33°S , se ha conservado inalterable e insuperable para los post-temblores hasta fin de julio, mientras que la Alta Cordillera, más al Norte del paralelo 33°S , incluso la Precordillera adyacente, trataban de reconstruir un nuevo equilibrio.

La experiencia obtenida durante 45 años de observaciones me ha enseñado que la faja de terreno que atraviesa el Continente sudamericano a la altura del grado 33°S , divide la provincia de Mendoza en dos regiones de diferente sismicidad al Norte del mencionado paralelo (de Luján al Norte) los fenómenos sísmicos son muy comunes y de cierta intensidad; al Sur de esta línea, al contrario, son menos frecuentes y menos intensos. Este hecho tiene su causa, como dijimos ya, en diferencias de estructura de la próxima Cordillera que, a su vez, son el resultado de procesos geodinámicos de períodos geológicos pasados. Para ilustrar la importancia de esta línea, bastará por el momento recordar que la antigua Precordillera desaparece a la latitud del 33°S (boca del Río Mendoza); que las profundas fosas submarinas que bordean la costa chileno-peruana tienen su fin frente a Valparaíso, o sea sobre el paralelo 33°S ; y que a relativamente corta distancia se eleva, sobre el mismo paralelo, el Aconcagua, el más alto macizo de todo el Continente Americano; que, prolongando la línea hacia el Naciente, vemos desaparecer la Sierra de Córdoba-San Luis; y, al fin, sobre el paralelo 33°S , encontramos la ensenada más extensa de toda la costa sudatlántica, que es la Hoya del Plata. Mayores detalles sobre esta cuestión se dará en un estudio que se publicará más tarde.

El antagonismo entre los bloques de la Alta Cordillera al Norte y al Sur del paralelo 33°S no podía perdurar siempre; pues las tensiones creadas por el movimiento de un lado deben ser compensadas por un movimiento análogo del otro. El 3 de Agosto es la fecha en la cual comenzaron los movimientos de compensación al Sur del paralelo 33°S . Los primeros temblores se sintieron a las $2^{\text{h}}30^{\text{m}}$ de la madrugada en Junín, Lavalley y Santa Rosa; a las $10^{\text{h}}50^{\text{m}}$ y a las 11^{h} ocurrieron otros más intensos, cuya área de conmoción comprendió, fuera de los departamentos ya nombrados, los departamentos y pueblos de Rivadavia, San Martín, Tunuyán, San Carlos y Chilecito, es decir, que el radio de acción macrosísmica alcanzó hasta el paralelo 34°S . El fenómeno fué tan intenso, que los sismógrafos del Observatorio de la Universidad de La Plata lo registraron. La perturbación sísmica, comenzada el día 3 de Agosto, se prolongó hasta el día siguiente, para repetirse nuevamente diez días después.

Una vez roto el equilibrio dentro de la región andina, que tanto tiempo había resistido al gran sismo

del 14 de Abril, era de esperar que la estabilidad sísmica del suelo no se consiguiera de golpe; que el temblor de 3 de Agosto se repitiera; lo que efectivamente sucedió el día 13 de Agosto a las 4^h25^m de la madrugada. Este sismo era el más notable, después del 14 de Abril, tanto por su intensidad como por el extenso radio de acción macrosísmica, que abarca casi toda la provincia de Mendoza, desde la Alta Cordillera hasta Santa Rosa, y desde Las Heras hasta Chilecito (34° S); también el Observatorio de La Plata lo registró. Con este último movimiento parece que se ha restablecido definitivamente el equilibrio entre los dos bloques andinos, uno al Norte y el otro al Sur del paralelo 33° S, porque desde el 13 de Agosto hasta la fecha, no ha ocurrido ningún sismo que mereciera la pena de mencionarlo.

Mendoza, Octubre de 1927.

Nota. — El 22 de Marzo y 5 de Abril se repitieron los movimientos sísmicos en San Carlos y Chilecito con bastante intensidad; pero su radio de acción no pasó los límites de la depresión longitudinal ocupada por el arroyo de San Carlos y parte del Río Tunuyán, desde la confluencia de ambos hasta el dique del Río Tunuyán. No hay duda que en la mencionada depresión hay un foco sísmico local.

Mendoza, Abril de 1928.

APÉNDICE

EL EPICENTRO DEL TERREMOTO DEL 14 DE ABRIL DE 1927

EN BASE DE OBSERVACIONES MICROSÍSMICAS SUDAMERICANAS

POR EL DOCTOR FEDERICO LÚNKENHEIMER

El primer cálculo provisional de las coordenadas del epicentro por mí efectuado, en base del registro de Mainka, fué comunicado el mismo día del terremoto a los diarios de la Capital Federal y de La Plata y publicado por ellos el día 15 de Abril. Figuraron en dicha comunicación, como elementos del cálculo Δ 1100 kilómetros y azimut W 5° N, valores a que correspondería un epicentro de las coordenadas geográficas de 70° W, 33°5 S, aproximadamente.

Poco después llegaron a mi conocimiento las observaciones de Santiago de Chile y de La Paz. Los resultados entonces conseguidos los comuniqué, a principios de Mayo, en el suplemento al *Boletín sismológico*, número 4, 1927, de este Observatorio y los repito a continuación

	La Plata	La Paz	Santiago de Chile
P	06 ^h 25 ^m 89	06 ^h 27 ^m 22	06 ^h 24 ^m 01, poco después
S.....	27.79	30.30	saltaron las agujas.
L	28.80	31.42	
O	23.46	23.30	
Δ.....	1070 km	1805 km	

Están, respecto de O, en buena conformidad las observaciones de La Plata y La Paz, y en cuanto al epicentro, tenemos los resultados siguientes

1° Δ y azimut La Plata (cálculo más exacto)	Epicentro 69°3 W 33°4 S
2° Δ La Plata, Δ La Paz	69.3 W 32.6 S
3° iP La Plata, iP La Paz, Δ La Plata	69.1 W 31.9 S
4° iP La Plata, iP La Paz, Δ La Paz	70.0 W 32.6 S
Promedio La Paz-La Plata 2°-4°	69°5 W 32°4 S

Por no haberse observado en Santiago de Chile otra fase que P, se puede deducir solamente, por la comparación de su hora de P con O La Plata y O La Paz, que el epicentro debe distar como 230-300 kilómetros de Santiago, valor un poco grande en comparación con los resultados arriba consignados.

Entretanto, recibí también las observaciones de Sucre. Según una amable comunicación del Rev P. P. M. Descotes, La Paz, la hora de Sucre estaba afectada en lo días del terremoto con un posible error de 0^m50, de modo que la hora absoluta de *i*P no puede interesarnos. Las fases, sin embargo, deberían ser, según dicha comunicación, de gran nitidez y su lectura dió por resultado $S - P$ 2^m80, es decir (en base de las tablas de Krumbach), Δ 1630 kilómetros.

En el último momento llegaron todavía a mi conocimiento las observaciones de Río de Janeiro. El promedio de sus dos componentes nos da O 6^h23^m18, Δ 2770 kilómetros. Combinando este valor con Δ La Plata, Δ La Paz y Δ Sucre, resultan para el epicentro las coordenadas geográficas de 69°6 W 32°8 S.

Calculé también, según un método que publicaré en uno de los próximos números de estas *Contribuciones*, el epicentro en base de las horas de P de La Plata, La Paz y Río de Janeiro. Parece, sin embargo, que el valor de la hora absoluta comunicado por Río no es definitivo aún, pues las correspondientes distancias epicentrales serían las siguientes Δ La Plata 891 kilómetros (en vez de 1070 km, calculadas como función de $S - P$), Δ La Paz 1536 kilómetros (1805 km) y Δ Río de Janeiro 2359 kilómetros (2770 km).

Dejando a un lado, por lo tanto, el resultado así obtenido, por la poca confianza que merece, lo mismo que la observación deficiente de Santiago de Chile y las coordenadas calculadas en base de Δ y azimut de La Plata por el error de que posiblemente esté afectado este último grandor, podríamos tomar el promedio de los resultados de igual peso — cada uno de ellos se basa en 4 mediciones independientes, el primero en 2 horas absolutas y 2 diferencias de hora, el segundo en 4 diferencias de hora — a saber

1° <i>i</i> P La Plata, <i>i</i> P La Paz, Δ La Plata y Δ La Paz, promedio.....	69°5 W 32°2 S
2° Δ La Plata, Δ La Paz, Δ Sucre, Δ Río de Janeiro.....	69.6 W 32.8 S
Promedio.....	69°6 W 32°5 S

Este valor difiere solamente poco (por 40 km aproximadamente) del epicentro encontrado por el doctor P. A. Loos (70° W 32°3 a 32°4 S) en base de sus estudios macrosísmicos.

Puede considerarse, por lo tanto, como muy satisfactoria la concordancia entre los dos métodos, es decir, las tablas aplicadas (del doctor Krumbach) que sirvieron para el cálculo, conducen, dentro de los límites de los errores inevitables y teniendo presente la profundidad desconocida del hipocentro y la cantidad muy reducida de estaciones disponibles, a un resultado en buena concordancia con los hechos macrosísmicos en el caso que ahí nos interesa.

DESCRIPCIÓN DE LAS LÁMINAS

1. Mendoza Iglesia Matriz o San Nicolás, calle Sarmiento entre calle 9 de Julio y Avenida de España. (Véase página 68.)
2. Mendoza Calle Mitre esquina San Lorenzo, cerca del extremo Sur de la línea pleistocénica. El frente a la izquierda (calle San Lorenzo) mira al Norte y muestra las cornisas (prolongaciones de la muralla frontal que se levantan sobre el techo) ilesas, mientras que el frente que mira al Oeste perdió completamente sus cornisas. Estas decoraciones arquitectónicas forman un verdadero sismoscopio.
3. Mendoza Callejón Lemos, entre las calles Chile y Mitre, extremo Sur de la línea pleistocénica, número 4 en el plano de Mendoza. Todos los frentes miran al Oeste y han perdido sus cornisas.
4. Mendoza Colegio Alemán, ya en reconstrucción. Calle San Lorenzo entre 9 de Julio y Avenida de España.
5. Las Heras Cinco cuadras de la Plaza al Norte. Casas completamente destruidas. El frente mira al Este.
6. Panquegüa Interior de la Escuela Provincial, sobre una calle con rumbo N-S.
7. Panquegüa Solamente el frente que mira al Oeste se ha derrumbado, mientras que las tres otras murallas quedaron ilesas.
8. Panquegüa Fondo del chalet de Lastra que mira al Oeste. El edificio está seriamente averiado y se encuentra muy cerca del punto de intersección de dos fallas la falla transversal, con rumbo W-E viene de la Quebrada de la Laja, y la falla longitudinal que entró en acción durante este terremoto.
9. Los Andes (Chile) Mausoleo Juan Pablo Avendaño. (Véase la descripción páginas 96-97.)



1. Mendoza Iglesia San Nicolás



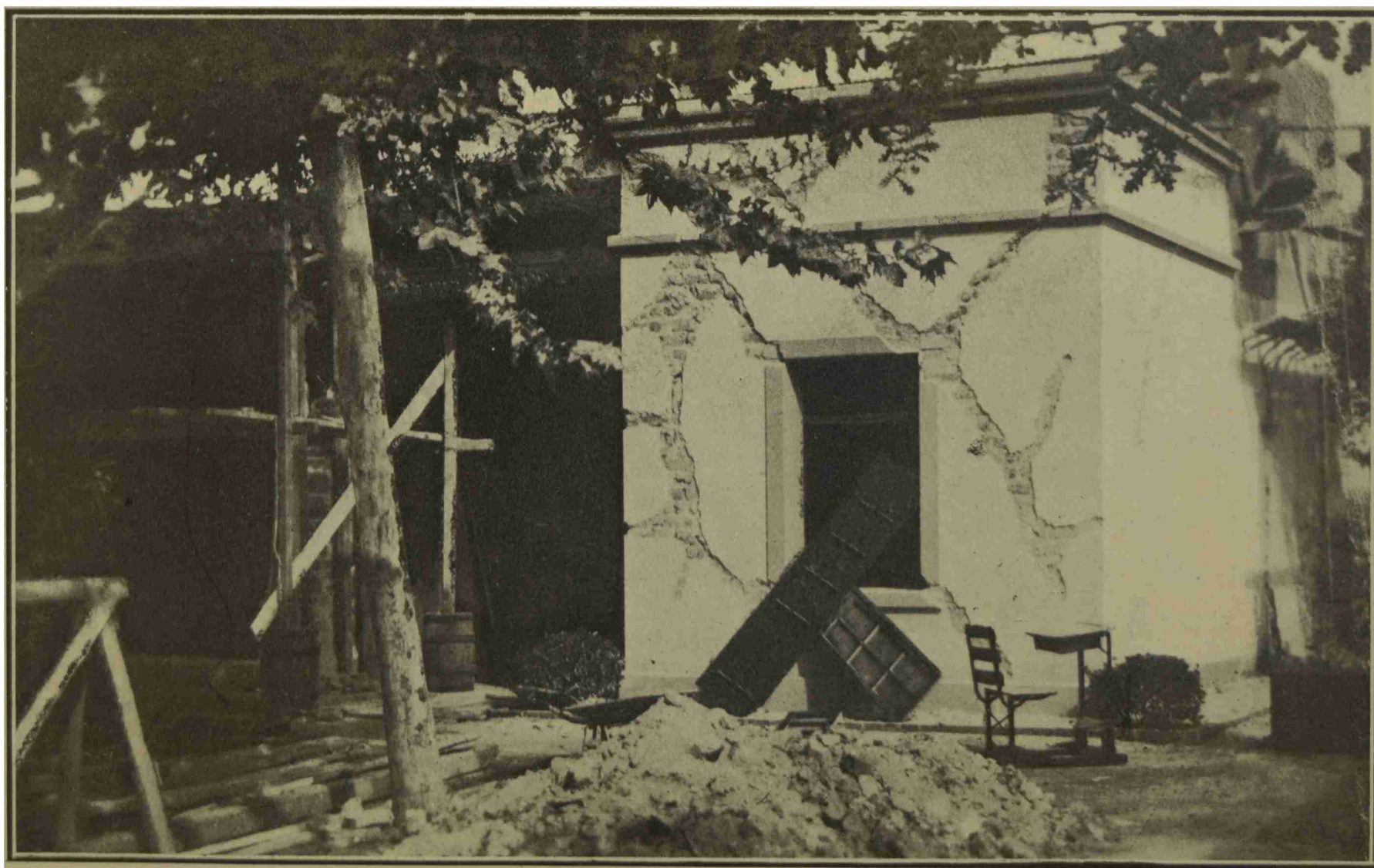
Norte

2. Mendoza Esquina Mitre y San Lorenzo

Oeste



3. Mendoza Callejón Lemos



4. Mendoza Colegio Alemán



5. Las Heras



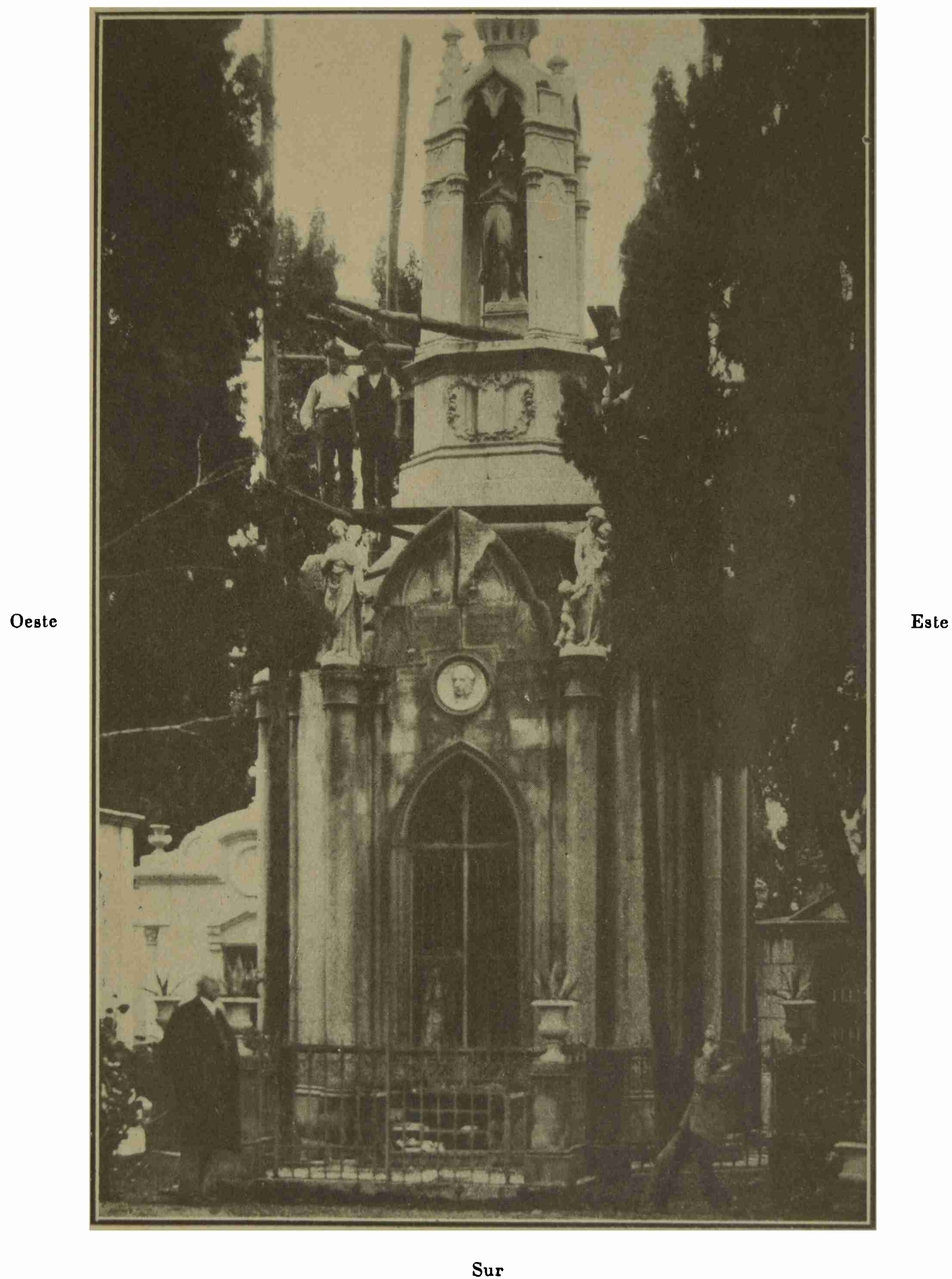
6. Panquegua Interior de la Escuela Provincial



7. Panquegua



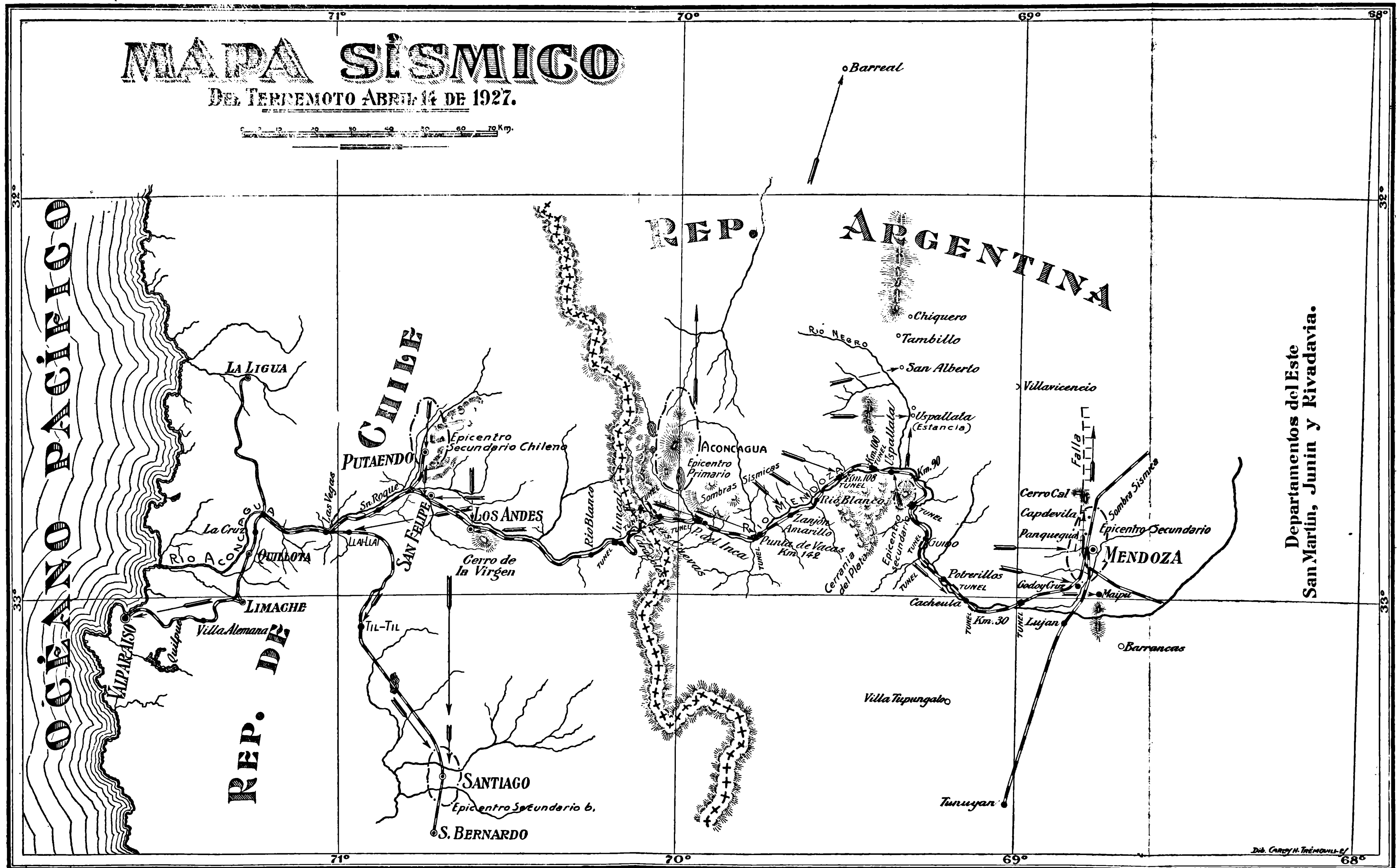
8. Panquegua Fondo del chalet de Lastra



9. Los Andes Mausolco Juan Pablo Avendaño



Dib. C.H. TRÉMOUILLE.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

(1928)

PRESIDENTE

DOCTOR RAMÓN G. LOYARTE

VICEPRESIDENTE

DOCTOR RICARDO LEVENE

SECRETARIO GENERAL

SANTIAGO M. AMARAL

CONSEJO SUPERIOR

Consejeros titulares INGENIERO CIVIL EVARISTO ARTAZA, INGENIERO AGRÓNOMO ALEJANDRO BOTTO, DOCTOR ÁNGEL M. CASARES, INGENIERO CIVIL JULIO R. CASTIÑEIRAS, DOCTOR EMILIO D. CORTELEZZI, DOCTOR EUGENIO A. GALLI, DOCTOR JUAN HARTMANN, DOCTOR ROBERTO LEHMANN-NITSCHKE, DOCTOR RICARDO LEVENE, PROFESOR CARLOS LÓPEZ BUCHARDO, PROFESOR ARTURO MARASSO, DOCTOR ALFREDO C. MARCHISOTTI, DOCTOR AGUSTÍN N. MARTIENZO, DOCTOR ALEJANDRO M. OYUELA, DOCTOR AGUSTÍN PARDO, DOCTOR CARLOS A. SAGASTUME, DOCTOR FRANK E. SOLER, DOCTOR LUIS MARÍA TORRES Y PROFESOR RODOLFO FRANCO.

Consejeros suplentes DOCTOR ADOLFO ESCUDERO, DOCTOR FEDERICO KOPATSCHEK, DOCTOR ARTURO LANUSSE, DOCTOR JUAN JOSÉ NÁGERA, DOCTOR JOSÉ PEDRO PELLEGRINI, DOCTOR EMILIO E. PIAGGIO, INGENIERO AGRÓNOMO ANTONIO RULLI, DOCTOR ENRIQUE HERRERO DUCLOUX, PROFESOR AUGUSTO C. SCALEA Y DOCTOR FEDERICO WALKER.

Representantes de los estudiantes SEÑOR PEDRO VALVERDE Y SEÑOR VÍCTOR PALMERI.

Secretario SANTIAGO M. AMARAL.

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO

Director DOCTOR JUAN HARTMANN.

Astrónomo principal INGENIERO BERNHARD H. DAWSON.

Sismólogo DOCTOR FEDERICO LÜNKENHEIMER.

Astrónomos INGENIERO VIRGINIO MANGANIELLO; INGENIERO NUMA TAPIA Y AGRIMENSOR HÉGO A. MARTÍNEZ.

Metcorólogo SEÑOR VICENTE BLASETTI.

Ayudantes de astronomía SEÑORES MIGUEL AGABIOS Y THALES TAPIA.

Calculistas SEÑORES JORGE GARBARINO, IGNACIO EGUIGUREN Y MARTÍN DARTAYET.