

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

CONTRIBUCIONES GEOFÍSICAS. — Tomo I, N° 2

LOS
TERREMOTOS DEL 17 DE DICIEMBRE DE 1920

EN

COSTA DE ARAUJO, LAVALLE, LA CENTRAL, TRES PORTEÑAS, ETC.

POR EL

D^r P. A. LOOS

(CON DOS PLANOS)



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

LA PLATA
OBSERVATORIO ASTRONÓMICO

—
1926

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

CONTRIBUCIONES GEOFÍSICAS. — Tomo I, N° 2

LOS
TERREMOTOS DEL 17 DE DICIEMBRE DE 1920

EN

COSTA DE ARAUJO, LAVALLE, LA CENTRAL, TRES PORTEÑAS, ETC.

POR EL

D^r P. A. LOOS

(CON DOS PLANOS)



LA PLATA
OBSERVATORIO ASTRONÓMICO

—
1926

Imprenta y casa editora « CONI ». Perú, 684, Buenos Aires

LOS TERREMOTOS DEL 17 DE DICIEMBRE DE 1920

EN COSTA DE ARAUJO, LAVALLE, LA CENTRAL, TRES PORTEÑAS, ETC.

I

Generalidades

El teatro de las conmociones sísmicas del 17 de diciembre de 1920 a horas 15 00 y 15, 33⁽¹⁾ se encuentra situado en una región que desde tiempos históricos fué considerada como relativamente estable, aunque la evolución geológica ha dejado vestigios inequívocos de que los procesos tectónicos se han experimentado allí desde la época geológica permiana hasta los tiempos relativamente modernos con intensidades bastante pronunciadas.

Según las observaciones que enunciaremos más adelante, el movimiento ha sido un *terremoto tectónico* por excelencia, que tuvo su punto de partida en un bloque de la Precordillera ocupado hoy por el cerro Pelado. Desde esta zona el formidable empuje se propagó con vertiginosa velocidad sobre líneas bien definidas hacia el este, convirtiendo en ruinas, dentro de pocos segundos, florecientes poblaciones en la llanura adyacente. Las líneas de propagación de los terremotos de 1920 constituyen en la llanura las prolongaciones de las grandes fallas transversales de la Precordillera, descubiertas en 1907, las cuales, cruzándose con las fallas longitudinales con rumbo NS, dividen nuestro subsuelo en bloques de base casi rectangular. Las fallas llamadas transversales de la Precordillera que sirvieron de conductores del movimiento sísmico de Poniente a Naciente son: 1° *La Quebrada de la Laja*; 2° *La Quebrada del Totoral*; y 3° *La línea divisoria* que separa el *Cerro de los Cordobeses* del *Cerro Hierro*. Las fallas longitudinales, o con rumbo NS, son una primera línea tectónica que invade desde la provincia de San Juan el territorio mendocino, disloca la mina de carbón de Salagasta, atraviesa el Cerro de la Cal y probablemente manda un ramal hasta más al sur de nuestra capital. La segunda, tercera y cuarta línea longitudinal con rumbo NS no son reconocidas geológicamente, porque se encuentran situadas en la llanura, cubiertas por aluviones y acarreos modernos, pero ellas han dado pruebas de su existencia por las enormes destrucciones que se operaron sobre ellas durante el terremoto aludido y por observaciones sismológicas recogidas duran-

(1) En este trabajo se usa la hora oficial argentina.

te más de cuarenta años por el autor de este informe. Dichas líneas de gran inestabilidad sísmica, sean llamadas *líneas sísmicas*. La que se encuentra más próxima a la gran falla de Salagasta se extiende de S a N desde El Borbollón hasta la parte occidental de Jocolí entre la línea del ferrocarril Pacífico a San Juan y el arroyo Tulumaya; por orden numérico sería número 2. La línea longitudinal número 3 está ocupada hoy por el arroyo Tulumaya desde Montenegro hacia el norte, pasando por la Villa Lavalle y el centro de Jocolí. La línea sísmica número 4 es la de mayor extensión y de mayor actividad; ella sigue el río Mendoza en su curso inferior desde Costa de Araujo al sur, cruzando por las colonias La Central, Las Tres Porteñas y por las poblaciones más al sur; cerca de Monte Caseros parece que se bifurca en dos o más ramales, de los cuales el principal se dirige hacia Alto Verde; mientras que un ramal de menor importancia toma rumbo SSO, uniéndose con el viejo lecho del río Tunuyán, llamado hoy el Bajo Moyano (Departamento de Junín). Se anticipan estas generalidades para facilitar la orientación del lector y para interpretar con criterio justo los diversos efectos del fenómeno según el lugar desde el cual se haya hecho la observación del mismo. Con otras palabras para un observador que se encuentra sobre una línea sísmica, el terremoto se manifiesta de una manera muy diferente (diferencia de intensidad, dirección de las ondas, ruidos subterráneos, etc.) de lo que siente un observador situado a mayor distancia de ella.

El 17 de diciembre de 1920 hubo dos terremotos con un intervalo de 33 minutos. En un principio el autor suponía que el segundo sismo fuera simplemente una repetición del primero, es decir, que ambos tuvieran el mismo centro y la misma área pliosista. Pero luego tuvo que convencerse que el fenómeno era más complicado, que las áreas de conmoción de los dos sismos no coincidían, que el primero no se desarrollaba sobre las mismas líneas sísmicas del segundo; hecho por el cual era menester no confundir los efectos y separarlos cuidadosamente. El autor ha recorrido repetidas veces toda la región de máxima destrucción en auto y en mula; la orden de pasajes del ministerio de Agricultura se ha podido utilizar muy poco porque las estaciones del ferrocarril Pacífico, con excepción de las estaciones de Hullera y Tres Porteñas, quedan muy distantes del escenario sísmico. Interesantes e importantes observaciones se me comunicaron por las tarjetas cuestionarios, repartidas entre los observadores residentes en la campaña.

Vamos a considerar los hechos observados durante la catástrofe.

II

Investigación en Lavalle

El día después del terremoto me trasladé a Lavalle. En todo el trayecto desde Mendoza a Lavalle, aproximadamente de 25 kilómetros, no se notó vestigio de destrucción, pero el aspecto cambió enteramente al llegar al arroyo Tulumaya, sobre cuya margen derecha está situada la Villa, en su mayor parte devastada por el terremoto.

Las acequias de las calles se habían llenado de agua surgida del subsuelo, formando lagunas que dificultaban el tráfico en las calles que están orientadas en direcciones N S y O E.

El suelo ostentaba grietas cuyos bordes no conservaban su nivel uniforme original una de ellas atraviesa la casa de la Municipalidad, edificio de construcción moderna, en dirección NS, partiendo la casa en el mismo sentido y dejando la parte del edificio situada sobre el borde occidental como 40 centímetros más bajo que el resto de la casa.

Del detenido examen de las ruinas de Lavalle, resultó que los edificios cuyo frente mira al norte, habían sufrido mucho más que aquellos cuyo eje mayor estaba orientado en dirección N—S.

De este hecho indiscutible se puede deducir que el movimiento más potente ha invadido la Villa desde el norte, quiere decir sobre una línea sísmica con rumbos NS (Línea sísmica longitudinal número 3).

¿Cómo se produjo la catástrofe? Los testigos oculares sobrevivientes relatan lo siguiente. Al producirse el primer movimiento, a las 15 horas, la mayoría de la gente dormía la siesta, pero no faltaban personas que habían presenciado el fenómeno desde su principio. Una señora anciana describe los sucesos de una manera que merece plena fe: « Estaba sentada bajo el corredor que miraba al Poniente, cuando percibí un ruido sordo hacia la sierra; al dirigir la vista al punto de procedencia del ruido extraño, noté una nube espesa al parecer de tierra. El ruido crece de intensidad y se aproxima sensiblemente a la Villa, convirtiéndose luego en estruendo espantoso, al mismo tiempo que la tierra entra en vibraciones intensísimas por golpes de abajo para arriba. La casa se estremeció violentamente agrietándose en parte, pero felizmente queda parada. Creyendo que el peligro se había pasado me voy otra vez a la casa, pero al cabo de media hora la tierra vuelve nuevamente a moverse, apresuradamente me dirijo a la huerta, el suelo camina como una ola de agua, pierdo el equilibrio, cayendo al suelo. Siento que mi casa también cae y para no ser sepultada hago un esfuerzo sobrehumano para alcanzar, arrastrándome sobre el suelo, un acacio de cuatro metros de altura. Ya estoy fuera de peligro, pero el oleaje de la tierra es tal que las ramas del acacio por el movimiento de vaivén tocan casi al suelo, alternativamente hacia el norte y al sur. He podido distinguir que las olas de tierra se movían de norte a sur. »

La presente exposición fué plenamente confirmada por otros testigos oculares, de manera que se trata de dos movimientos sísmicos distintos — el primero a las 15 horas se desarrolló sobre las fallas transversales de la Precordillera, números I y II, mientras que el segundo terremoto de las 15 horas 33 minutos vino del norte sobre la línea sísmica longitudinal número 3; el primero se sintió con la intensidad VI de la escala Mercalli, el segundo con la intensidad VIII. Por consiguiente, es de presumir que Lavalle debe estar situado cerca del punto de intersección de dos líneas inestables, las líneas transversales números I y II y la longitudinal número 3.

III

Investigación en el balneario El Borbollón

La fuente termal (24° C) de El Borbollón se ha producido, según la tradición, con motivo de un formidable terremoto antes de la conquista española y está situada en la continuación hacia el este de la falla transversal de la Quebrada de la Laja (número I). El eje mayor del edificio está orientado de oeste a este, el frente mira al sur y está protegido por un corredor. La casa lleva cornizas sobre la pared que hace frente hacia el Poniente, y la que hace frente hacia el sur; las primeras se cayeron íntegras hacia el Poniente, mientras que las que adornan el frente sur se conservaron durante el primer terremoto.

En el depósito adyacente del lado este se encontraban dos pilas de botellas de un metro de alto, una de ellas se apoyaba contra la pared que mira al oeste, la otra miraba al norte, La primera cayó hacia el oeste

rompiéndose todas las botellas vacías, la segunda quedó intacta. Los hechos consignados evidencian que el primer terremoto vino del Poniente, y si damos crédito a las declaraciones de varios testigos residentes en el extremo norte de la Villa de Las Heras, por ejemplo los habitantes del Chalet de La Lastra, quienes vieron bajar de la Quebrada de la Laja una espesa nube de tierra que corrió con sorprendente velocidad hacia el Naciente, no cabe duda que la falla geológica transversal número I fué la directriz del movimiento tectónico cuyo punto de partida debe buscarse en la proximidad del *Cerro Pelado*. Que el epicentro, tomando el término en su sentido moderno, no está situado más al occidente del Cerro Pelado en la Cordillera principal, se deduce de las observaciones comunicadas desde Uspallata, Tambillo y San Alberto, según las cuales el grado de intensidad del movimiento al Poniente de la Precordillera fué muy reducido.

El segundo terremoto a las 15 horas 33 minutos se distingue en sus efectos notablemente del primero a las 15 horas. En el primero sufrieron el mayor empuje las paredes que dan frente al este y al oeste, durante el segundo terremoto se agitaron más las murallas con rumbo que forma ángulo recto con las primeras. Las murallas que miran al norte y al sur se abrieron y se cerraron alternativamente a tal extremo que el techo se desprendió de sus sostenes y cayó en medio del salón comedor. Los testigos están acordes que fuera del movimiento NS, se hizo notar un pronunciado movimiento susultorio de abajo para arriba. En los alrededores del Balneario hay varios pozos artesianos que dan agua cristalina, pero con motivo de los terremotos, el agua se enturbió y aumentó considerablemente en cantidad. Unos de estos pozos artificiales se había secado, pero al producirse los grandes sismos volvió a dar agua abundante nuevamente.

En el Borbollón se ha podido constatar un fenómeno semejante al observado en Lavalle que consiste en que los dos sismos, el de 15 horas y de 15 horas 33 minutos, produjeron efectos distintos y tenían direcciones que se cruzaban bajo ángulo casi recto. Este hecho nos hace suponer que la fuente termal se encuentra no sólo sobre la continuación de la falla transversal de la Quebrada de la Laja, sino también sobre una línea sísmica longitudinal con rumbo NS, suposición que posteriormente se confirmó por el hundimiento y la consiguiente formación de ciénaga desde Borbollón al norte. Más de 3000 hectáreas de terreno, en gran parte cultivado desde tres años atrás, se convirtieron en laguna, no por exceso de precipitaciones atmosféricas o inundaciones por el río Mendoza, sino por la depresión del suelo. La gran línea de depresión *longitudinal* lleva por su orden el número 2, así que la fuente termal de *El Borbollón* está situada en el punto de intersección de la falla transversal número I y la *línea sísmica longitudinal número 2*.

El 27 de diciembre de 1920 se emprendió excursión a mula hacia el norte, especialmente a la Villa de Jocolí adonde según noticias privadas los terremotos del día 17 habían causado grandes perjuicios materiales. Partiendo de El Borbollón al norte, atravesamos primero una zona o faja relativamente estable para entrar luego a la latitud de la estación del ramal del ferrocarril Pacífico a San Juan, llamada La Hullera, en una segunda faja de destrucción que se extiende en dirección OE, paralelamente a la calle que conduce desde El Pastal a la Villa de Lavalle. Allí mismo varias personas de plena confianza presenciaron un fenómeno digno de ser mencionado. El sismo ocurrido a las 15 horas no había pasado allí el límite de un temblor fuerte con su ruido subterráneo precursor procedente de la Sierra; pero media hora más tarde un empleado de la finca de H. de V. notó primero un ruido raro en el aire (zumbido) que parecía venir de Lavalle, de este a oeste. Al principio creía que se trataba de un auto, y para cerciorarse se trasladó a la calle, ningún auto se encontró en vista, el ruido aumentó de intensidad, hacia Lavalle se levantó una espesa nube de polvo, pero el suelo no se movía todavía. A los pocos segundos, el estruendo alcanzó su máximo

de intensidad y el suelo se estremeció, una pila de adobes en el patio y el horno caen, la casa se conserva a causa de su construcción sólida.

El caso citado es de interés científico, porque nos enseña cómo una línea sísmica reacciona sobre otra. Lavallo se destruyó por la acción de la línea sísmica longitudinal número 3, invadiendo el oleaje desde el norte para doblar en seguida sobre la línea II en dirección E a O.

En la finca de H. de V. sólo se nota un zumbido, luego después se ve la nube de polvo que resulta de la caída de las casas de Villa de Lavallo; en seguida el movimiento NS sobre la línea sísmica longitudinal número 3 pone en coacción la línea transversal número II, abriéndose camino sobre ella en dirección Oriente a Occidente. El estruendo se aproxima a la finca de H. de V. y al fin estremece el suelo de la misma. La propagación de los movimientos sísmicos sobre líneas tectónicas (líneas de fracturación) no se debe confundir con la propagación de las ondas sísmicas en terreno firme. La primera ocupa un tiempo relativamente largo, generalmente más largo que la propagación del sonido en el aire; por eso sentimos primero un ruido en el aire y después el estremecimiento del suelo, o que vemos levantarse una nube de polvo que se aproxima con velocidad, y en el momento de llegar frente de nosotros se conmueve el suelo. Ya se ha citado el caso que momentos antes de notarse el terremoto del 17 de diciembre a 15 horas, una nube de polvo corrió sobre la falla de la Quebrada de la Laja (número I) con enorme velocidad del oeste a este — exactamente la misma cosa ocurrió media hora más tarde, tanto sobre la línea fracturada transversal, Quebrada del Totoral (número II), como sobre la línea que baja desde el cerro de los Cordobeses (número III) frente a Jocolí, según veremos más adelante.

Seguimos nuestro itinerario hacia el norte; las casas y ranchos que examinamos en este trayecto, demuestran con evidencia que el terremoto no ha pasado los límites de un temblor regular en aquella zona, pero de pronto el aspecto cambia, a la latitud de Jocolí los edificios han quedado en su gran mayoría o completamente destruidos o por lo menos tan agrietados que sus moradores tenían que abandonarlos — sólo quedaron en pie algunos ranchos contruidos de quincha.

IV

Investigación en Jocolí, casa de E. V.

Se trata de un establecimiento grande y muy antiguo. El edificio de administración consta de dos partes conjuntas, el cuerpo del costado sur es construido mucho antes del terremoto de 1861 y no ha experimentado ningún desperfecto a consecuencia de la mencionada catástrofe; las paredes están hechas de adobes (tierra pisada en cajones) de un metro de grueso. El cuerpo del lado norte es de construcción reciente, las murallas son de adobes. El eje mayor de la totalidad de la casa de administración se encuentra orientado de norte a sur y sus corredores miran al Naciente.

El prelude del primer terremoto fué un fuerte ruido en el aire, al parecer, procedente del sur y acto continuo se estremeció el suelo sin que se haya caído la casa, aunque algunas paredes ostentaron grietas verticales; el campanario no dió señal de alarma siendo el plano pendular de las campanas dispuesto de oeste a este.

El efecto del segundo terremoto a las 15 horas y 33 minutos fué muy diferente las paredes orientadas de norte a sur se abrieron y se cerraron alternativamente, los muebles de mayor altura como armarios y aparadores apoyados en las paredes con rumbo norte a sur se cayeron al suelo, gran parte de los tirantillos del techo se desprendieron de sus bases y, al fin, lo que es más significativo para juzgar la dirección del movimiento sísmico, la campana chica del campanario tocó sola, oscilando de oeste a este. Además, precedió al segundo movimiento un fuerte ruido subterráneo en dirección de oeste a este.

El resumen de las investigaciones verificadas en Jocolí se puede enunciar en la siguiente forma el primer y segundo movimiento sísmico se diferencian notablemente por su intensidad y por su dirección. El primero, menos intenso, tuvo dirección sur a norte mientras que el segundo vino claramente desde la Precordillera hacia la llanura, quiere decir de oeste a este, y terminó la destrucción de la población de Jocolí. La curiosa circunstancia que a la misma hora de destruirse Jocolí, cae en ruinas también la Villa de Lavalle situada al sur de Jocolí y que el movimiento devastador vino en Lavalle desde el norte, nos hace presumir la existencia de una comunicación subterránea directa entre ambos pueblos. Con otras palabras, *Jocolí y Lavalle están situados sobre una misma línea sísmica longitudinal con rumbo norte sur*. Además nos enseña la procedencia del segundo terremoto desde la Precordillera hacia la llanura, que el movimiento está íntimamente ligado con la gran falla transversal descubierta por Stappenbeck y que lleva por orden el número III. Por consiguiente Jocolí constituye el punto de intersección de dos líneas de inestabilidad que se cruzan bajo ángulo recto la línea transversal número III con la línea sísmica longitudinal número 3. Más adelante encontraremos la comprobación de nuestra suposición. De paso sea dicho que la línea transversal número III termina a poca distancia de Jocolí al este, porque los efectos destructores más allá de este punto han sido nulos o casi nulos, igualmente no debe extenderse muy al norte la línea longitudinal que atraviesa Lavalle y Jocolí por la misma razón.

V

Investigación al pie de la Precordillera, a lo largo del ferrocarril Pacífico, ramal a San Juan

Aprovechóse un tren de carga que partió desde la *Estación Espejo* a San Juan. En la estación Espejo, el primer sismo de las 15 horas se sintió fuerte y ondulatorio y fué precedido por un ruido en el aire, como si se hubiera desencadenado un fuerte viento en el norte. El segundo movimiento a las 15 horas y 33 minutos era más corto, pero más violento que el primero. Relata el jefe que para sostenerse parado, hubo que abrir los pies y en esta posición pudo apreciar bien el movimiento de vaivén de norte a sur, que agrietó el edificio de la Estación.

En la *Estación La Hullera* abandoné el tren. Desde afuera, la Estación presentaba sólo dos fuertes grietas verticales, pero su interior se encontraba en alto grado destrozado, siendo cubierto el piso por fragmentos de las murallas, mezclados con los restos de botellas y cristalerías y lozas rotas. A la hora del primer terremoto la familia del jefe dormía la siesta en la pieza al costado sur de la Estación. En la pared divisoria que separa el dormitorio del comedor situado más al norte, se apoyaba un ropero grande con espejo. A causa del primer sismo el ropero cayó al sur, sobre una cama en que dormían dos niños, despe-

dazándose, pero sin tocar a los chicos. En el comedor adyacente estaba apoyado el aparador contra la pared que mira al Poniente, las cristalerías y lozas chocaron unas con otras, sin que se hubiera roto una sola pieza. El jefe, a la hora del suceso despierto, observó el movimiento ondulatorio de sur a norte, lo que está en perfecta armonía con las observaciones apuntadas. Precedió un estruendo en dirección sudoeste y parecía que allá se desmoronara la Precordillera.

A las 15 horas y 15 minutos más o menos se produjo otro movimiento muy fuerte, pero menos intenso que el primero, no se destacó bien en la llanura, porque el estremecimiento fué allí casi continuo.

A las 15 horas y 33 minutos sobrevino el tercer terremoto tan violento como el primero, pero su dirección y procedencia fué otra. Hacia el lado Poniente se veía levantarse espesas nubes de tierra hasta enormes alturas y al aproximarse ellas, el jefe pudo distinguir que la tierra fué empujada de abajo para arriba con fuerza. Según la expresión del mismo, la nube de tierra salía de una especie de respiraderos.

Tales respiraderos observó el jefe sobre una línea con dirección oeste sudoeste, es decir, en dirección hacia el Jagüel, que es un pequeño oasis en medio del desierto. El movimiento de las 15 horas y 33 minutos ha sido el más largo de todos y fué precedido por un ruido en el aire, semejante a un fuerte viento. Un hecho notable que evidencia también la diferencia que existe entre los dos sismos más fuertes, consiste en la caída de las cristalerías y lozas del aparador antes mencionado; éste que durante el primer terremoto no había sufrido ningún desperfecto, fué tan violentamente sacudido por el movimiento de Poniente a Naciente, que se abrieron las puertas que miraban al oeste y que todo el contenido del aparador fué lanzado vehementemente al suelo en dirección al oeste.

Por lo tanto, se confirma nuevamente el doble movimiento — primero el de sur a norte sobre una línea próxima a la falla longitudinal número 1 y media hora más tarde el de Poniente a Naciente que se ha desarrollado y propagado sobre la falla transversal número II, que baja desde el Cerro Pelado por la Quebrada del Total. Así es que la estación Hullera se encuentra muy próxima al punto de intersección de las dos fallas o líneas tectónicas, lo que explica el alto grado de destrucción que allí se ha experimentado. Debo observar que en el mapa geológico de Stappenbeck la estación Hullera está dibujada demasiado al norte.

Desde la estación Hullera me dirigí a pie hacia el norte hasta la *Estación Jocoll*. Aunque la casa principal sólo presentó grietas insignificantes, probablemente a causa de su mayor distancia a la línea de fracturación longitudinal número 1, los departamentos accesorios aislados, la cocina al lado este y los excusados al lado norte del edificio principal, ofrecieron material de observación interesante respecto de los efectos producidos por ambos sismos. También en la estación Jocoll se manifestaron dos movimientos distintos — el primero de sur a norte y el segundo de oeste a este. El temblor de las 15 horas manifestó claramente su dirección sur a norte en el movimiento del semáforo que hacía el papel de un péndulo invertido; el de las 15 horas y 33 minutos fué precedido por un fuerte ruido subterráneo que vino en dirección de oeste a este, levantándose al mismo tiempo una espesísima nube de tierra detrás de los Cerrillos, próximos hacia el Poniente, que hizo creer al jefe de la Estación que se trataba de una erupción volcánica.

Volviendo a los efectos producidos por los dos movimientos sísmicos en los departamentos accesorios de la Estación, se debe anticipar, para interpretarlos, que tanto la cocina al costado este, como los depósitos al costado norte son construcciones de ladrillos cuyo eje mayor está dirigido de norte a sur. El primer temblor, que vino del sur, tocó la cocina directamente de manera que las ondas sísmicas pasaron debajo de

ella paralelamente a su eje mayor; en consecuencia de esta circunstancia las paredes más largas con rumbo norte sur sufrieron un agrietamiento vertical partiéndose de arriba para abajo. Los excusados al costado norte quedaron ilesos, porque el edificio principal al recibir las ondas primeramente, amortiguó su efecto hacia el norte. La casa de la Estación les sirvió de paragolpe.

De otro modo obró el segundo temblor; la dirección de incidencia era de oeste a este. En esta dirección el edificio principal con su corredor protegía la cocina, pero los excusados presentaban todo su frente sin protección directamente al choque y por esto sus murallas más largas se agrietaron *horizontalmente*, más o menos a la altura de los dos tercios de su altura total. Se deduce, pues, de este caso y de innumerables otros análogos que en lugares de alta sismicidad y con epicentro fijo, la orientación del eje mayor de los edificios a construir es un factor importante para evitar el máximo efecto destructor.

En Mendoza un edificio aislado sufre siempre más al costado poniente, porque la dirección de los terremotos habituales es de oeste a este; las calles con rumbo oeste-este sufren mucho menos que las orientadas de norte a sur por la sencilla razón que el efecto de un choque o de un movimiento ondulatorio es tanto mayor cuanto más extensa es la superficie libre que se le opone, y cuanto más se aproxima el ángulo de incidencia a un ángulo recto.

Atendiendo los hechos observados en la estación de Jocolí, nos convencemos que ella también ha sido afectada por un doble movimiento, lo que hace suponer la existencia de dos líneas débiles o fallas que en su proximidad se cruzan bajo ángulo casi recto, y estas líneas no pueden ser otras que las fallas longitudinal número I y la transversal número III.

Completaré los datos recogidos al pie de la Precordillera, con las interesantes observaciones del mecánico del establecimiento « La Unión Villavicencio ». La situación topográfica de dicho punto es en alto grado favorable para verificar observaciones sismológicas por encontrarse no sólo en la continuación inmediata de la « Quebrada de la Laja », sino también muy próximo a la continuación de la falla longitudinal que atraviesa el Cerro de la Cal.

He aquí las informaciones: El referente se encontró a las 15 horas junto con los demás empleados en el escritorio del establecimiento, cuando todos ellos sintieron que el piso se levantaba y bajaba alternadamente. Después de abandonar el edificio se notó el movimiento ondulatorio: la tierra parecía un mar agitado, viniendo las olas de oeste a este; la chimenea que representa un alto caño de latón se había convertido en un péndulo inverso, oscilando en la misma dirección. Igualmente se movió el tanque que tiene una boca de desagüe al costado naciente, de la cual salía el agua, cada vez que el tanque se inclinaba hacia el este.

En el establecimiento de « La Unión Villavicencio » se reciben por una cañería de 30 kilómetros de largo las aguas medicinales de las fuentes termales de igual nombre, para ser embotelladas allí: en el segundo depósito de botellas hubo una estiva apoyada contra la pared, costado sur con rumbo oeste este que no había sufrido daño material durante el primer terremoto. Media hora después ocurrió el segundo terremoto que en el aludido establecimiento se presentó como un golpe fuerte y brusco de poca duración, que hizo caer la estiva de botellas antes mencionada; del tanque no salía agua, y el movimiento ondulatorio antes observado tan claramente, no se pudo notar.

El eje mayor del edificio principal y de los depósitos está orientado de oeste a este: a esta circunstancia y a la construcción sólida se debe atribuir que los perjuicios materiales fueron allí de poca importancia.

A poca distancia del establecimiento hacia el sur se encuentra el almacén de Fortunato. A consecuencia del primer terremoto se cayeron todos los objetos de las estanterías al suelo y sus moradores buscaron precipitadamente la calle que pasa frente al almacén con rumbo norte-sur; allí presenciaron un fenómeno que llenó de temor y de angustia a los espectadores.

Al Poniente, al parecer detrás del chalet de La Lastra, se había elevado una columna de humo que corría con enorme velocidad hacia la llanura, aunque no hubo viento; a medida que la nube se aproximaba a la planicie, se hizo menos espesa y al poco tiempo después desapareció por completo. Por investigaciones posteriores verificadas en Panquehua se confirmó la información aludida y se pudo constatar que la columna de polvo (no humo) había bajado de la Quebrada de la Laja, línea o falla transversal número I.

Dicha nube de polvo cruzó la llanura al norte del establecimiento de la Unión Villavicencio, siguiendo el curso en dirección Borbollón. A raíz de las observaciones consignadas se evidencia que el establecimiento Unión Villavicencio ha sido el escenario de dos movimientos sísmicos distintos, el primero que invadió en dirección de oeste a este, y el segundo que procedió de norte a sur. Por esta razón no será aventurado suponer que dicho punto se encuentra en las inmediaciones del *cruce de dos líneas tectónicas*, la falla transversal de la Quebrada de la Laja número I y la falla longitudinal número 1.

La capital de Mendoza, la ciudad de Godoy Cruz, adonde yo pude observar personalmente los dos movimientos, y la Villa de Luján se encuentran en la continuación de esta última línea, hecho que no sólo se deduce de su situación topográfica, sino también de la dirección norte-sur de las ondulaciones del suelo, pero la intensidad sísmica fué en estas poblaciones tan debilitada (III) porque más al sur de la *fractura transversal* número I los movimientos fueron amortiguados.

Hasta ahora la parte del problema que se relaciona con el área de conmoción al pie de la Precordillera se ha podido resolver de una manera relativamente sencilla y satisfactoria porque partimos de una base fija y segura, que consiste en los estudios geológicos de Keidel y Stappenbeck, según veremos más adelante. Nos resta estudiar la segunda parte del área de destrucción adonde la catástrofe ha alcanzado su máximo de intensidad (X), es decir, a lo largo del río Mendoza desde Costa de Araujo hasta Las Tres Portañas y otros puntos de los departamentos de San Martín y Junín. En aquella zona la estructura del subsuelo se oculta bajo una espesa capa de acarreos fluviales, razón por la cual los estudios geológicos no nos pueden servir de guía en nuestras investigaciones; pero, en cambio, el autor ha podido reunir durante más de cuarenta años de observaciones un abundante material sismológico que nos servirá de llave para la resolución satisfactoria del problema.

En un trabajo que publiqué en las *Beiträge zur Geophysik*, Leipzig, 1912, bajo el título *Die Erdbeben von Mendoza*, página 154, expuse « Del estudio del cortejo de temblores posteriores al terremoto de Valparaíso (1906), resulta el innegable hecho que los departamentos del oeste (Ciudad Belgrano, Las Heras, parte de Maipú y Luján) y los departamentos del este (San Martín, Rivadavia y Junín) separados por el río Mendoza, constituyen dos campos de actividad sísmica separados. Como el río Mendoza es la línea divisoria entre los dos distritos sísmicos, es de suponer que allí se encuentra oculta una dislocación geológica la cual fué ocupada y emparejada posteriormente por el mismo río Mendoza. »

En mi informe sobre los movimientos sísmicos, correspondiente a marzo de 1908, publicado en el *Boletín del Ministerio de Agricultura*, tomo IX, números 5 y 6, dije « Las observaciones sísmicas de los últimos años han demostrado que la zona de terrenos situados al este, guarda cierta independencia de la

zona al oeste del río Mendoza, o, con otras palabras: que los temblores que sacuden los departamentos del este son insensibles en los departamentos del oeste y viceversa. En la región occidental próxima a la sierra adonde el subsuelo está fracturado, principalmente en dirección de oeste a este, y adonde los sacudimientos son más frecuentes, las líneas de máxima destrucción siguen el mismo rumbo de las fracturas, mientras que en los departamentos del este las líneas de menor resistencia corren en sentido norte a sur o, por lo menos, se aproximan a este rumbo. » Siguen después las observaciones comprobatorias.

Con estos antecedentes ya se disipan algo las tinieblas al rededor de nuestro problema, pues a lo largo del río Mendoza existe una *línea sísmica de primer orden* y sólo falta averiguar qué relación, qué comunicación subterránea existe entre el sistema de líneas sísmicas al pie de la Precordillera conocidas ya, por una parte, y la gran línea sísmica, o, tal vez, un sistema de líneas sísmicas longitudinales con rumbo norte-sur en los departamentos del este, por otra parte.

La contestación se deduce de los vestigios lamentables que ha impreso la dolorosa catástrofe a nuestro querido suelo. He dicho ya que la falla geológica transversal número III (Cerro de los Cordobeses) termina a corta distancia de la población de Jocolí — lo mismo se deduce de la investigación con respecto a la falla transversal de la Quebrada de la Laja (número I), que no pasa sino a corta distancia del Borbollón, al este.

Así que tendremos que buscar la única comunicación entre los dos sistemas de fracturación al oeste y al este del río Mendoza sobre la falla o dislocación transversal del medio (número II) que baja de la Quebrada del Totoral.

VI

Investigación en Costa de Araujo

Partiendo de Lavalle, que está situada sobre esta línea, hacia el oriente, se llega a la población de Costa de Araujo. En el trayecto quedaron vestigios de las inundaciones producidas por las aguas surgidas del subsuelo, aunque el campo por sí es completamente seco. Llegando al pueblo mismo se presentó un aspecto horroroso de devastación — al rededor de la plaza central no se había salvado ni una sola casa, la iglesia y una bodega grande se habían convertido en un solo informe montón de escombros. El estudio de las ruinas permite en muchos casos juzgar sobre la dirección de la invasión del movimiento sísmico — pero en Costa de Araujo esto fué casi imposible, así que este pueblo constituye la zona de máxima destrucción (zona plistosista) en toda el área de conmoción de la catástrofe del 17 de diciembre de 1920. He aquí las informaciones que pudieron recogerse en el campo del siniestro mismo — la impresión general fué que el siniestro vino de abajo para arriba en forma de detonaciones y formidables golpes, a consecuencia de las cuales los edificios cayeron casi instantáneamente. Primero se abrieron las paredes a los cuatro vientos, aplastando los techos todo lo que se encontrase dentro de las habitaciones, acto continuo se desplomaron las murallas sin regularidad, salvo algunas raras excepciones.

El corredor al costado poniente de la casa de M. E. fué trasladado varios metros al occidente, mientras que el corredor que apoyaba el frente oriental de la habitación, sólo destruyóse en parte, causando así la salvación de los ocupantes del edificio. Se trata aquí de uno de los muy pocos casos que dejan ver

la dirección de la invasión del oleaje sísmico de oeste a este en Costa de Araujo. Luego la tierra comenzó a moverse en forma de un espantoso remolino, como si el suelo fuera arrastrado por un huracán; se abrieron grietas en el suelo las cuales vertían grandes cantidades de agua. Los pozos construídos para la provisión de agua y otros que servían de sumideros convirtiéronse en fuentes artesianas, despidiendo agua con intermitencias, algunos de ellos hasta dos días después de la catástrofe. La distribución de las grietas y de los cráteres de arena y agua, por lo menos en el centro de la Villa no obedecían a regularidad ninguna. Los encargados de una propiedad sita 3 kilómetros al SO de la plazuela sintieron un ruido precursor el que en un principio lo atribuían a un auto que viniera en dirección NE; pero a los pocos segundos dicho ruido cambió en estruendo aterrador acompañado por una fuerte trepidación que derribó la casa al suelo. Momentos después se abrió la tierra y se produjeron erupciones de agua con tanta fuerza que en partes las columnas líquidas alcanzaron dos y más metros de altura. El pánico de la población sobreviviente rayó en locura por la creencia de perecer ahogada.

Las oscilaciones del suelo eran casi perpetuas, contando un vecino en la noche del 17 al 18 de diciembre treinta y seis temblores fuertes sin contar las vibraciones de menor intensidad. En el cementerio de Costa de Araujo fueron sepultados, en los primeros días después del siniestro, ochenta y cinco víctimas del terremoto.

Dignos de mencionar son los efectos que ha producido el sismo en los terrenos cultivados, sujetos al regadío artificial. Justamente en la posesión agrícola de M. E., que es un establecimiento modelo por la esmerada nivelación de los cultivos, se ha podido notar la alteración de los planos de irrigación. En partes los terrenos bajaron y en otros se levantaron, haciéndose necesarios trabajos posteriores para regularizar nuevamente el regadío.

Pero el hecho más notable, considerado desde el punto de vista científico, consiste en que a distancia relativamente corta hacia el nordeste y este de Costa de Araujo, el movimiento sísmico disminuyó de intensidad casi de golpe. Si a Costa de Araujo le corresponde el grado de intensidad X de la escala Mercalli, en Colonia André apenas pasa el grado VI y según informaciones privadas, el terremoto a una legua al naciente de Costa de Araujo, no ha pasado los límites de un temblor común.

VII

Investigación en Colonia Estrella

Los terrenos más próximos de esta colonia distan como cinco kilómetros hacia el noroeste de la plazuela de Costa de Araujo. Partiendo de esta última por la calle Colón al norte, no se ve otra cosa sino ruinas y escombros. En uno de los sitios próximos al cementerio se notan dos pilares de adobes construídos uno al lado del otro en dirección NS, pero mal trabados entre sí. El terremoto los ha separado, de manera que entre ambos queda una grieta que tendrá en su extremo superior de 20 a 30 centímetros de ancho, reduciéndose a cero en su base. La abertura de las pilastras, que en este caso han hecho el papel de péndulos invertidos, indica que el movimiento ondulatorio se ha verificado en un plano con rumbo NS, y como el pilar del costado sur está reparado hacia el sur por una muralla baja de adobes, es de

suponer que las olas terrestres hayan tenido un curso de sur a norte, y que en su consecuencia la muralla de adobes haya debilitado la intensidad de las ondas sísmicas antes de llegar al pie de los pilares. Otro indicio del movimiento de sur a norte puede verse en la destrucción del portón del cementerio. Dicho portón consiste en dos pilastras de ladrillos y cal, llevando cada una una hoja de hierro y siendo su orientación norte-sur. La pilastra del costado sur está apoyada hacia el sur por un estribo de mampostería y ha quedado intacta; mientras que la pilastra del costado norte ha sido arrancada de su base y tirada hacia el sur, destrozando la hoja de hierro suspendida en ella. La posición actual en el suelo es de SE a NO, debida a la intervención de un movimiento más débil en sentido de oeste a este.

En el centro de la villa de Costa de Araujo hasta cerca de la calle P. Morón, ninguna persona obreviviente ha podido distinguir, fuera de las detonaciones subterráneas, alguna dirección predominante de movimiento horizontal o de ruido precursor, pero pasando de esta calle al norte, las declaraciones de los testigos oculares, incluso el jefe político, concuerdan con que el estruendo precursor y los primeros movimientos provinieron en Colonia Estrella del SSO, es decir, en dirección del centro de Costa de Araujo. Sin embargo, no faltan pruebas clarevidentes que durante la segunda fase del terremoto, que siguió inmediatamente a la primera, la dirección predominante del movimiento oscilatorio era de oeste a este.

He aquí una observación convincente. Un empleado de Colonia Estrella se encontró en el momento del terremoto ocupado en terminar una parva de alfalfa de cinco metros de altura. En los primeros momentos el declarante P. G. no se dió cuenta de lo que ocurría, pero cuando se cercioró que se trataba de un terremoto, la parva había entrado en un movimiento de balanceo tal que era peligroso dejarse caer al suelo. La excepcional posición de P. G. le sirvió para observar el fenómeno con toda claridad, que consistía en un mecimiento largo de oeste a este del cual participó también la parva, pero a pesar del pronunciado balanceo la parva se conservó intacta a consecuencia de su gran elasticidad.

Las ruinas de Colonia Estrella ostentan el sello característico de la invasión de las ondas sísmicas desde el Poniente al Naciente.

Como en Costa de Araujo, así también en Colonia Estrella se observaron muchas erupciones de las aguas subterráneas, pero con la diferencia que en esta última zona los cráteres de arena y agua están agrupados en una línea que corre con rumbo SSO a NNE, más o menos según información del jefe político esta línea pasaría entonces entre la Colonia Estrella y la Colonia André.

Ya hemos mencionado que en Colonia André sita al noroeste de Estrella, el terremoto del 17 de diciembre de 1920 no ha pasado del grado de intensidad VI, mientras que para Colonia Estrella se puede adoptar el grado IX y para Costa de Araujo el grado X, que significa destrucción total.

Pasando revista por los fenómenos observados en Costa de Araujo, centro Costa de Araujo, parte sudoeste y en Colonia Estrella, se destacan hechos que merecen especial atención

1° El choque más formidable ha venido desde la Precordillera hacia la llanura, es decir, de oeste a este

2° El centro del empuje fué la villa o plazoleta de Costa de Araujo;

3° Antes de notarse el movimiento en la superficie, entraron en convulsión los estratos más profundos del subsuelo, por esto las detonaciones subterráneas y los fuertes golpes de abajo para arriba como prelude de la catástrofe, y en su consecuencia la aparición de las aguas subterráneas en la superficie. Como en nuestro caso no es admisible la intervención de fenómenos volcánicos, la destrucción del equilibrio de las capas inferiores antes de afectar los terrenos superficiales debe atribuirse a las mismas fuer

zas que momentos después convulsionaron la superficie. Con otras palabras : primero se trasladaron de oeste a este las capas inferiores y después siguieron el mismo movimiento las tierras superficiales ;

4° El movimiento de oeste a este se paró en Costa de Araujo a causa de un obstáculo oculto en el subsuelo que se opuso a la traslación de los estratos inferiores de oeste a este ;

5° El mismo obstáculo subterráneo impuso al empuje de traslación de oeste a este tres rumbos nuevos, es decir, la fuerza original se descompuso en tres componentes. El primer rumbo nuevo de este a oeste es el resultado de la reflexión ; el segundo y el tercero siguen al norte y al sur, probablemente a lo largo del trozo infranqueable que en otras épocas geológicas impidió la fracturación de los sedimentos modernos del subsuelo situados al naciente de la Costa de Araujo ;

6° La orientación de los cráteres de arena y agua sobre una línea con rumbo SSO a NNE es originada probablemente por la rotura de un pliegue de los estratos inferiores que corre paralelamente al obstáculo subterráneo y el rompimiento de este pliegue subterráneo es sin duda el resultado de la resistencia que opuso el obstáculo subterráneo al movimiento de traslación de oeste a este ;

7° La notable diferencia del grado de intensidad observada en Colonia Estrella por una parte, en la Colonia André por la otra, hace suponer que dicho trozo subterráneo resistente corra entre ambas colonias en dirección SSO a NNE.

VIII

Investigación en los departamentos del este

Las Tres Porteñas, Villa Susana. El administrador de la finca Villa Susana se encontró en el momento del terremoto sentado en su escritorio, cuando notó una detonación subterránea acompañada de un fuerte golpe de abajo para arriba. Toda la casa, construída de cemento armado, se estremeció en tal grado que los muebles se dieron vuelta hacia el norte, obedeciendo a un vehemente empuje de norte a sur. La casa misma no cayó, pero se agrietó en todas sus partes. La noche anterior a la catástrofe el referente notó, mientras atendía el riego de sus potreros, una serie de truenos subterráneos que perduraban largo tiempo.

El propietario R. M., domiciliado también en el distrito de Tres Porteñas, relata un fenómeno análogo. «El día 16 de diciembre, dice el referente, debía recibir el turno del agua para regar mis potreros. Como a las 16 horas, más o menos, me avisa el peón regador que siente ruidos semejantes a truenos lejanos. Salí al aire libre, fijando mi atención en dichos truenos y como la atmósfera estaba tranquila y el tiempo sereno, me convencí que los ruidos sospechosos eran subterráneos. Durante la tarde los truenos aumentaron de intensidad y seguían a cortos intervalos, procediendo siempre de un punto situado hacia el SSE. Presencí el riego hasta media noche sin que hubieran cesado los ruidos subterráneos después me entregué al sueño sin sospechar que el raro fenómeno pudiera ser el preludio de una espantosa catástrofe.»

Debo llamar especial atención sobre la dirección de procedencia SSE de los truenos subterráneos que concuerda perfectamente no sólo con la procedencia de los estruendos precursores observados en Las Tres Porteñas durante la primera fase del terremoto, sino también con la dirección en que se sintieron venir la gran mayoría de los ruidos precursores a los temblores posteriores.

Estación del Ferrocarril Pacífico, Las Tres Porteñas. El señor jefe Manuel Domínguez, un hábil y atento observador, declara: La primera fase del fenómeno se inició con un estruendo ensordecedor, acompañado de un movimiento susultorio vehemente. Casi instantáneamente cayeron al rededor de la estación todos los edificios construidos de adobes, menos la estación que es una jaula de madera revestida de cinc acanalado. La segunda fase que sin interrupción siguió a la primera, se manifestó en forma de un movimiento ondulatorio en dirección más o menos norte-sur, a consecuencia del cual se arquearon los fierros de la torrecilla que lleva el motor a viento. En la oficina se cayeron todos los muebles hacia el norte, incluso la pesada caja de hierro que ocupaba la parte media de una pared con rumbo norte-sur. El oleaje de la tierra era tan poderoso que los rieles de la línea férrea, que están colocados allí en dirección norte-sur, se doblaron ligeramente conservando la forma ondulada después de la catástrofe. La dobladura o el encurvamiento de los rieles era mayor en la punta de rieles hacia el norte y desaparecía poco a poco algo más al sur de la estación misma. La presente declaración no deja duda sobre la procedencia norte-sur del movimiento ondulatorio, sin embargo, existía también un período de movimiento horizontal de oeste a este que arrancó de su sitio el extremo libre del desvío al costado oriental de la línea principal, haciéndolo girar fuertemente hacia el Naciente. Los restos de los edificios destruidos atestiguan que la dirección predominante del oleaje sísmico fué de norte a sur.

Después del episodio más horroroso de la catástrofe, la tierra se estremeció casi perpetuamente durante algunas horas, y en los tres primeros días consecutivos al terremoto, el número de choques susultorios pasaba de sesenta diariamente.

Desde el 31 de diciembre de 1920, el jefe de la estación lleva en su diario un registro minucioso de los temblores ocurridos, que constituyen un material de valor científico.

Establecimiento de La Juanita (distrito de Las Tres Porteñas). En los alrededores del establecimiento no ha quedado un solo rancho en pie; la casa de administración que fué de construcción moderna se destruyó totalmente. La gran mayoría de la gente se había entregado a la siesta y por esto pocas personas se han dado cuenta del principio de la catástrofe. Pude tomar la declaración a los dos capataces de la finca quienes a la hora fatal se encontraban a caballo en el campo. F. Ch. refiere: « Sentí primero una detonación como descarga de artillería en dirección SSE; el caballo se paró inmediatamente, pero en el mismo instante recibió un golpe que lo empujó primero al sur (SE) y en seguida al norte (NO), después de haberse repetido tres veces este movimiento brusco, el caballo fué arrastrado por una especie de remolinos que amenazó echarme al suelo. En este momento vi caerse las casas del establecimiento, y por esto traté de regresar a socorrer las víctimas. La marcha del caballo se hizo dificultosa, pues la tierra se movía continuamente. Como a los 15 minutos después de la primera detonación se destacó otro temblor fuerte pero el terremoto de las 15 horas y 30 minutos, que en otras partes produjo tanto perjuicio, aquí no hizo mayor efecto. »

El segundo capataz R. B. dice que se bajó del caballo cuando notó un fuerte ruido subterráneo, al cual siguió inmediatamente un golpe de abajo tan fuerte, que varios animales que se encontraban pastoreando en un potrero vecino se cayeron al suelo. El ruido precursor vino en dirección de Altoverde (SSE).

Establecimiento de A. N. Monte Caseros (estación Chapanay). La primera fase no fué observada a causa del pánico general. Durante el segundo sismo fuerte el dueño de la finca se encontró sobre el borde occidental de la represa de agua que sirve de bebedero a los animales del establecimiento las aguas se

agitaban con vehemencia, desbordándose alternadamente hacia el norte y hacia el sur, mientras que las orillas oriental y occidental permanecieron secas. Con este dato queda evidente que también en Monte Caseros el movimiento predominante fué de norte a sur, más o menos, de manera que se puede establecer como resultado general *que en los departamentos del este la propagación de las olas sísmicas destructoras se ha verificado sobre una línea o un sistema de líneas con rumbo norte a sur, o, mejor dicho, de NNO a SSE, que es más o menos la dirección que sigue el río Mendoza en su curso inferior.*

IX

Los temblores posteriores a la catástrofe mendocina de 1920, observados en la zona plistosista

Al atento lector no se le habrá ocultado que al hacer la enunciación de los resultados finales de la investigación en los departamentos del este, hemos incurrido en una manifiesta contradicción. Pues, según las observaciones sobre los fenómenos ocurridos en la noche anterior a la catástrofe, debíamos suponer como punto de partida un epicentro situado al SSE de Tres Porteñas y no al norte o NNO, y a la misma conclusión nos conduciría la procedencia de los estruendos que precedían inmediatamente al gran terremoto del 17 de diciembre.

¿Cómo se explican los hechos tan contradictorios?

Veremos si los temblores posteriores observados en la zona plistosista nos pueden proporcionar algunos elementos de juicio que permitan resolver el problema. Es sabido que los grandes terremotos siempre son seguidos por una serie de temblores de menor intensidad, que son la exteriorización de la tendencia que tienen los estratos geológicos perturbados a recobrar un nuevo equilibrio. Tales movimientos posteriores serán lógicamente más numerosos y más intensos sobre las líneas que han servido de guías al sismo principal, líneas que se ponen de relieve más claramente durante los temblores posteriores.

Tengo la satisfacción de disponer de un material valioso de observaciones gracias al encomiable celo de los jefes de las estaciones del ferrocarril Pacífico, don Manuel Domínguez, de Las Tres Porteñas, y don Daniel González de La Hullera, a quienes expreso en este lugar mi especial agradecimiento. He aquí las dos series de observaciones que son de tanto más interés, cuanto están hechos en dos puntos extremos de la zona plistosista. Las observaciones de González nos dan cuenta de los movimientos posteriores en la región originaria del terremoto, es decir, en el epicentro primario; mientras que Domínguez observa los movimientos posteriores en el epicentro secundario, al otro lado del río Mendoza.

Observaciones efectuadas en Las Tres Porteñas

Número	Fecha	Hora	Observaciones
	1920		
1	Diciembre 31	21 30	Regular.
		21 45	Más fuerte.
	1921		
2	Enero 1	12 54	Fuerte.
3		15 25	Fuerte
4	» 2	8 45	Suave.
5		8 54	Más fuerte; coincide con temblor 16 en La Hullera.
6	» 3	15 35	Regular.
7		17 03	Fuerte y prolongado; coincide con temblor 17.
8		17 27	Suave, coincide con temblor 18.
9		17 34	Lento.
10	» 4	9 50	Lento.
11		14 58	Lento.
12		17 43	Regular.
13	» 5	10 21	Regular
14		15 31	Regular; coincide con temblor 19.
15		20 55	Regular
16		21 10	Regular
17	» 6	5 8	Regular
18		15 20	Suave
19	» 7	14 32	Suave.
20		19 10	Regular.
21	» 8	2 16	Fuerte y prolongado.
22		10 21	Regular
23		11 17	Regular
24		12 18	Fuerte y prolongado.
25		17 45	Regular
26		17 54	Regular
27		18 12	Regular
28	» 9	1 8	Muy fuerte y prolongado.
29		7 5	Fuerte
30		8 36	Fuerte
31	» 10	2 10	Bien fuerte
32		5 0	Bien fuerte; coincide con temblor 20.
33		8 44	Más fuerte y prolongado; coincide con temblor 21
34		10 19	Regular
35		10 47	Regular
36		11 11	Regular
37		17 2	Regular
38	» 11	10 35	Golpe seco.
39		18 22	Temblor regular
40	12	10 15	Fuerte, dos remesones.
41		10 26	Leve.
42		11 30	Regular

Número	Fecha	Hora	Observaciones
	1921	^h	
43	Enero 12	13 7	Regular.
44		19 54	Regular.
45	» 13	8 32	Leve.
46		20 7	Regular.
47	» 14	2 8	Fuerte y prolongado.
48		8 3	Fuerte y prolongado.
49		10 26	Suave.
50	» 15	4 45	Regular.
51		14 48	Leve.
52	» 17	9 31	Bastante intenso ; coincide con temblor 22 en La Hullera.
53		20 44	Golpe seco.
54	» 18	7 21	Leve.
55		8 9	Lento prolongado.
56		12 7	Lento prolongado.
57	» 19	7 21	Leve.
58		10 35	Leve.
59	» 20	2 30	Fuerte.
60	» 21	2 10	Regular.
61	» 22	1 51	Fuerte.
62		20 47	Fuerte.
63	» 23	8 9	Fuerte.
64	» 24	16 50	Lento.
65		17 45	Lento.
66	» 25	7 8	Regular prolongado.
67		12 7	Lento.
68	» 26	20 47	Regular
69	» 27	8 40	Sentido en la estancia La Juanita.
70		19 0	Sentido en la estancia La Juanita.
71		19 30	Sentido en la estancia La Juanita.
72		22 47	Regular.
73	» 28	10 42	Leve.
74		23	Leve.
75	» 29	8 53	Leve.
76		22 34	Regular.
77	» 30	13 56	Fuerte.
78	» 31	8 58	Fuerte y prolongado.
79		14 9	Regular
80	Febrero 1	10 13	Leve.
81		20 58	Fuerte y prolongado ; coincide con temblor 23 en La Hullera.
82	» 2	15 54	Leve
83	» 3		Frecuentes ruidos subterráneos en dirección SSE a NNO.
84	» 4	11 45	Temblor en Costa de Araujo, que no fué sentido en Las Tres Porteñas.
85		20	Temblor en Costa de Araujo, que fué sentido levemente en Las Tres Porteñas.
86			Durante la noche del 4 al 5 de febrero muchos ruidos subterráneos.
87	» 5	12 39	Regular
88	» 8	10 21	Fuerte y prolongado.
89		19 33	Fuerte y prolongado.
90		21 16	Regular.
91		22 55	Regular con ruidos subterráneos.

Número	Fecha	Hora	Observaciones
	1921	h	
92	Febrero 9	17 44	Regular
93	» 11	5 35	Fuerte y prolongado.
94		8 35	Regular.
95	» 12	10 20	Leve.
96		10 59	Regular.
97	» 13	4 7	Regular.
98		11 58	Fuerte golpe seco.
99	» 16	14 8	Regular
100		17 52	Regular.
101	» 17	6 25	Regular.
102		9 32	Fuerte.
103		15 7	Fuerte.
104	» 20	8 5	Fuerte.
105		13 56	Regular
106	» 21	14 50	Regular.
107		21 37	Bastante fuerte y prolongado.
108	» 22	14 43	Regular.
109	» 24	20 50	Fuerte.
110	» 27	11 57	Bien fuerte y prolongado, sentido en Lavalle y Costa de Araujo.
111		13 2	Regular.
112		14 21	Leve.
113	» 28	21 1	Regular
114	Marzo 1	20 47	Regular
115	» 2	10 47	Leve. •
116		21 46	Fuerte y prolongado con tres remesones.
117	» 3	12 12	Fuerte y prolongado.
118	» 4	10 15	Fuerte y prolongado.
119	» 5	13 30	Muy fuerte y prolongado.
120		17 15	Regular.
121		18 55	Regular.
122	» 7	10 55	Regular.
123		12 20	Regular
124	» 9	0 6	Fuerte.
125		4 12	Regular
126		4 57	Regular
127		7 30	Lento.
128		8 10	Lento.
129		17 9	Fuerte, dos remesones.
130	» 10	1 25	Regular.
131		4 15	Regular
132		4 30	Regular
133		4 40	Más fuerte.
134	» 11	4 25	Regular
135	» 12	2 59	Regular (Epicentro dudoso, fué, sentido también en Chile).
136		20 23	Regular
137	» 13	13 6	Lento.
138	» 14	9 5	Lento.
139	» 16	15 48	Fuerte y prolongado, sentido en Lavalle también.
140	» 17	5 34	Regular.

Número	Fecha	Hora	Observaciones
	1921	h	
141	Marzo 21	8 0	Regular
142		9 40	Leve.
143		13 50	Leve.
			En los días 22 de marzo hasta 3 de abril no se hicieron anotaciones por la ausencia del jefe M. Domínguez. Durante este intervalo ocurrieron fuertes temblores en Costa de Araujo.
144	» 22	21 45	Fuerte, Costa de Araujo.
145	» 23	3 7	Regular, Costa de Araujo.
146		3 15	Regular, Costa de Araujo.
147		18 41	Regular, en Costa de Araujo y Lavalle.
148	» 31	11 55	Regular, Costa de Araujo.
149	Abril 4	6 36	Fuerte, continúan observaciones en Las Tres Porteñas.
150	» 6	6 40	Fuerte.
151	» 8	17 46	Leve.
152	» 23	1 25	Regular.
153	» 24	13 43	Regular
154	Mayo 7	0 56	Regular
155	» 8	22 18	Fuerte y prolongado; coincide con temblor 25 en La Hullera.
156	» 10	20 0	Leve pero prolongado.
157	» 12	10 45	Fuerte.
158		15 50	Regular.
159	Junio 5	8 58	Regular.
160	» 9	7 15	Fuerte, dos remesones.
161	» 10	9 55	Regular.
162	» 25	18 40	Fuerte, dos remesones.
163	» 26	0 25	Regular.
164		17 5	Regular.
165	» 27	18 20	Regular.
166	» 28	14 35	Regular
167		14 37	Leve.
168		18 42	Leve.
169	Julio 22	20 33	Temblor fuerte.
170	» 31	11 53	Fuerte y prolongado.
171	Agosto 2	17 48	Regular.
172	» 3	14 26	Fuerte, dos remesones.
173	» 25	15 50	Regular
174	» 27	9 27	Bien fuerte, dos remesones.
175	» 30	7 40	Fuerte.
176		14 33	Regular
177	» 31	14 43	Lento.
178	Septiembre 1	8 12	Regular
179	» 2	23 12	Fuerte y prolongado.
180	» 5	20 21	Regular
181	Octubre 6	22 59	Fuerte.
182	» 8	3 30	Fuerte y prolongado.
183	» 20	13 23	Regular.
184	» 22	22 1	Fuerte y prolongado.
185	» 23	11	Fuerte.
186	Noviembre 4	7 32	Regular

Número	Fecha	Hora	Observaciones
	1921	^h	
187	Noviembre 13	3 45	Regular.
188		15 40	Regular.
189	» 23	14 38	Fuerte y prolongado.
190	» 26	7 2	Fuerte, sentido en Lavalle y Costa de Araujo, Alto Salvador, R. Peña, Palmira, Chapanay, Las Tres Portañas, centro en el Cerro Pelado.
191		16 13	Leve.
192		16 27	Fuerte remesón.
193	Diciembre 18	13 30	Ruidos subterráneos SSO a NNE.
194	» 19	20 30	Ruidos subterráneos SSO a NNE.
	1922		
195	Enero 2	6 15	Fuerte, dos remesones.
196		6 57	Leve, un remesón.
197		7 22	Lento.
198		7 52	Regular.
199	» 5	20 40	Regular pero prolongado.
200	» 31	23 30	Fuerte temblor.
201	Febrero 1	6 15	Regular; fué sentido en Lavalle.
202		21 40	Fuerte, un remesón.
203	» 3	15 55	Regular.
204	» 22	7 25	Dos remesones con ruidos subterráneos.
205	Marzo 1	4 23	Fuerte en Costa de Araujo y Lavalle; véase La Hullera temblor 3o.
206	Abril 6	12 37	Regular, prolongado.
207	Mayo 19	10 5	Regular, varios ruidos durante el día.
208	» 20	1 56	Fuerte, con ruido subterráneo.
209	Junio 3	15 30	Regular
210	» 13	2 47	Fuerte y prolongado.
211	» 19	11 10	Regular, con varios ruidos subterráneos.
212		23 30	Regular en Alto Salvador, San Martín, Santa Rosa; violento en San Carlos.

Observaciones efectuadas en La Hullera

Número	Fecha	Hora	Observaciones
	1920	^h	
1	Diciembre 17	14 59	Muy fuerte, sur a norte.
2		15 20	Regular, oeste a este.
3		15 33	Muy fuerte, oeste a este.
4		17 20	Regular, oeste a este.
5	» 18	17 10	Rápido, este a oeste.
6	» 19	14 14	Regular, 3'', este a oeste.
7		15 34	Regular, este a oeste.
8	» 20	1 36	Fuerte, este a oeste.
9		5 10	Corto, regular, este a oeste.
10		12 35	Regular, este a oeste.
11	» 22	20 38	Regular, este a oeste.
12	» 23	6 6	Regular, este a oeste.

Número	Fecha	Hora	Observaciones
	1920		
13	Diciembre 25	16 47	Regular, este a oeste.
14	» 27	3 18	Regular, este a oeste.
15	» 28	1 52	Regular, este a oeste.
	1921		
16	Enero 2	8 53	Regular, este a oeste; coincide con temblor 5 en Las Tres Porteñas.
17	» 3	17 03	Regular; coincide con temblor 7
18	» 5	17 28	Regular; coincide con temblor 8.
19	» 5	15 33	Regular; coincide con temblor 14.
20	» 10	4 59	Temblor regular de este a oeste; coincide con temblor 32.
21	» 10	8 43	Temblor regular de este a oeste; coincide con temblor 33.
22	» 17	9 30	Temblor regular de este a oeste; coincide con temblor 52
23	Febrero 1	20 59	Regular; coincide con temblor 81 de Las Tres Porteñas.
24	Abril 25	21 52	Regular, dirección NO a SE; fué avisado de Uspallata.
25	Mayo 8	22 19	Regular; fué avisado de Unión Villavicencio, Lavalle, Alto Salvador coincide con temblor 155 de Las Tres Porteñas.
26	Septiembre 8	6 20	Regular
27	Octubre 22	1	Regular
28	Noviembre 26	6 29	Oeste a este, bastante fuerte; este temblor es una perfecta repetición del terremoto del 17 de diciembre de 1920.
	1922		
29	Febrero 1	20 59	Regular
30	Marzo 1	4 27	Ruido subterráneo, N a S, 20'', fuerte. Según otros observatorios, dirección S a N, véase Las Tres Porteñas, temblor 205
31	Abril 25	21 52	Regular NO a SE.
32	Mayo 8	22 19	Regular

Respecto de la situación topográfica de las estaciones, de las cuales han suministrado las observaciones precedentes, debo manifestar que tanto La Hullera como Las Tres Porteñas, constituyen puntos estratégicos de primer orden, considerados desde el punto de vista sísmológico; la primera se puede considerar como vigilante en relación a los movimientos que invaden nuestro suelo desde la Precordillera hacia la llanura, y la segunda como punto céntrico para el estudio de los fenómenos geofísicos que se desarrollaron en consecuencia del terremoto del 17 de diciembre del año 1920 en los departamentos del este. El número total de los temblores apuntados en la Hullera desde la catástrofe hasta fines de julio de 1922 es de 32, mientras que en Tres Porteñas se han contado del 31 de diciembre de 1920 hasta la fecha mencionada de 1922 nada menos que 212 choques sísmicos bien definidos. Durante los trece días consecutivos al gran sismo, el jefe no ha podido llevar el registro, porque los movimientos de la tierra se seguían con tanta frecuencia que no era posible contarlos y apuntar las horas respectivas.

Refiriéndose a las direcciones de los movimientos y a los ruidos que casi siempre le precedían, se nota que en La Hullera los 4 temblores del día 17 de diciembre tenían su origen al oeste, es decir, en la Precordillera pero del 18 en adelante la dirección de oeste a este de los temblores posteriores se manifestó en sentido contrario, es decir, de este a oeste. En Las Tres Porteñas se constató un caso análogo.

Hemos visto que las ondas destructoras, invadieron durante la catástrofe, desde el norte o noroeste al sur o sudoeste, mientras que casi todos los temblores posteriores fueron anunciados por ruidos subterráneos

procedentes del sur y sur-sudeste, según la declaración del jefe de la Estación. Esta misma dirección fué observada por varios propietarios domiciliados en Monte Caseros. Uno de ellos da cuenta de un curioso fenómeno que él pudo notar frecuentemente en noches silenciosas.

Varios segundos antes de producirse un temblor, el referente sintió el aullido y ladrido de los perros a la larga distancia hacia el sur, la alarmante inquietud contagió luego los guardianes cuadrúpedos de más cerca hasta hacer participar en el concierto nocturno a los perros de la misma casa del referente. Al mismo tiempo se sintió un ruido apenas perceptible al principio, pero que creció llegando a su máximo en el momento que la perturbación al parecer atmosférica, pasaba frente al observador; y en este momento el suelo y la casa se estremecieron más o menos ligeramente.

Otro hacendado del distrito de Monte Caseros, un ex discípulo mío, combatía mis conceptos respecto del origen del terremoto, pretendiendo que el epicentro *no debía encontrarse en la Cordillera sino en la llanura* al sur de Monte Caseros, porque todos los temblores posteriores los sentía venir en esta dirección. Entonces le respondí que me explicara como un temblor con epicentro al sur de Monte Caseros, pudiera producir los efectos conocidos en Costa de Araujo, Lavalle y Jocolí. Cito este caso para demostrar que el tratar de generalizar a base de observaciones hechas en un solo lugar puede conducir a conclusiones erróneas. Para formarse un juicio verídico en esta clase de estudios, no es suficiente reunir en un escritorio mucho material de observaciones, sino que es menester que las investigaciones se ejecuten en el escenario del siniestro mismo sólo así es posible apartar los datos erróneos y dar al material de observaciones su justo valor.

Volviendo a la interpretación de los temblores posteriores observados en La Hullera y Las Tres Porteñas, debemos reconocer que gran sinnúmero de estos últimos tiene su punto de partida en los departamentos del este y no en la Precordillera y que muy pocos de ellos se hicieron sentir hasta La Hullera, exceptuando los más fuertes, y en el caso que en La Hullera ellos se apercibieron, su intensidad era muy disminuída. Sin embargo, no faltan temblores posteriores con centro en la Precordillera como, por ejemplo, el del 26 de noviembre de 1921 que era una repetición atenuada del terremoto de 1920.

Dicho movimiento no se apercibió ni en Puente del Inca ni en Cacheuta, lo que prueba que su epicentro está localizado en la Precordillera. En los departamentos del este no tenía la dirección habitual de los temblores posteriores de S a N o SSE a NNO, sino de norte a sur, como el gran terremoto de 1920 los avisos recibidos de Palmira, Chapanay, Alto Salvador y Las Tres Porteñas, respecto del temblor del 26 de diciembre 1921, concuerdan en que la dirección fué de norte a sur. Los demás datos recogidos de los diferentes puntos de la provincia, especialmente de Costa de Araujo y Lavalle, confirman plenamente la igualdad de tipos de ambos sismos mencionados.

El diario *Los Andes*, del 27 de noviembre de 1921, dice literalmente «El movimiento se ha sentido también en varios puntos de la campaña y con mayor intensidad aun en la zona afectada por el terremoto del año pasado. Informes recibidos de Lavalle, Costa de Araujo y Las Tres Porteñas hacen saber, en efecto, que en esas localidades ha tenido mucha violencia, sembrando el pánico entre sus habitantes.»

Por el estudio de los temblores posteriores hemos llegado al resultado que unos tienen su punto de partida o su epicentro en la llanura y otros en la Precordillera, y volvemos nuevamente a la pregunta *¿Cómo se explican los hechos tan contradictorios?* La interpretación más racional, que a nuestro juicio aquí cabe, es la siguiente La verdadera causa inmediata de la catástrofe es un ligero hundimiento y al mismo tiempo un avance de oeste a este de los bloques de la Precordillera situados entre las fallas transver-

sales números I, II y III. El movimiento tectónico expresado no es el producto de un día, él se ha preparado desde largo tiempo a consecuencia de la tendencia general de ser comprimidas por presión lateral de oeste a este, no sólo la Precordillera, sino también toda la Cordillera más alta, según veremos más adelante en la parte geológica de este trabajo. Esta presión lateral latente de poniente a nacimiento crea tensiones en los estratos geológicos del subsuelo, las cuales, aumentando paulatinamente, pueden llegar a vencer la resistencia que se les opone, y romper bruscamente el equilibrio geostático. Con otras palabras a causa de la presión lateral se acumulan las energías sísmicas en puntos predestinados hasta el grado de poder superar la resistencia de las capas terrestres y de producir el terremoto. El rompimiento del equilibrio geostático será siempre más fácil adonde la resistencia de los estratos geológicos es menor, es decir, *sobre las líneas fracturadas o líneas sísmicas*.

En nuestro caso especial es responsable de la catástrofe de 1920 el Cerro Pelado con sus estribaciones, como factor inmediato; pero este macizo no obra independientemente, pues él obedece a un factor de orden superior, que es el Aconcagua. La presión lateral de oeste a este de estos dos colosos montañosos ha ejercido su influencia sobre todo el sistema de líneas fracturadas en la Precordillera y en la llanura al pie oriental de la misma, criando tensiones poco a poco en toda la extensión desde Jocolí hasta Alto Verde.

En Jocolí se exteriorizó la acumulación de energías sísmicas en la noche del 15 al 16 de diciembre, en forma de bramidos de la sierra, y en Tres Porteñas se manifestó por una larga serie de detonaciones subterráneas en el día 16 de diciembre; ambos fenómenos son la consecuencia de la misma fuerza que encontró su desenlace definitivo en el momento del terremoto del 17 de diciembre de 1920.

Es muy probable que el obstáculo subterráneo que en Costa de Araujo ha hecho el papel de paraguas respecto al movimiento inicial de oeste a este entre las fracturas transversales números I, II y III, tenga su continuación hacia el sudeste (Alto Verde), dentro de los límites de los departamentos de San Martín, Junín y Rivadavia, y me inclino a creer que el mismo haya originado por su resistencia pasiva contra el movimiento general de oeste a este la fracturación de la gran línea sísmica número 4 que hoy en parte está ocupada por el río Mendoza. Si se me preguntara en que consistirá este supuesto obstáculo subterráneo, debo manifestar que no es otra cosa sino la continuación del relieve de la Precordillera hacia el Naciente que hoy día se encuentra cubierto por los acarreos fluviales modernos, es una cadena montañosa más o menos paralela a la Sierra de Salagasta que ha desaparecido debajo del cono de deyección del Cerro Pelado y de sus apéndices orientales.

Entre ambas cadenas debe existir una ancha *cuenca*, que ha sido rellenada por sedimentos relativamente modernos. Hemos manifestado anteriormente que la causa inmediata de la catástrofe de 1920 ha sido un ligero hundimiento y a la vez un avance de oeste a este del trozo de la Precordillera situado entre las fracturas o fallas transversales números I, II y III pero este avance no se ha experimentado de una manera uniforme en todo el frente desde El Borbollón hasta Jocolí, sino que se verificó en dos etapas con una diferencia de tiempo de 33 minutos.

A las 14 horas y 59 minutos se puso en movimiento el trozo situado entre las fallas número I y número II preparándose ya el aislamiento del segundo bloque adyacente al costado norte del primero, quiere decir, el bloque limitado por el sur con la falla número II, por el norte con la falla transversal número III y por el Naciente por la gran falla longitudinal de Salagasta (número 1).

A las 15 horas y 32 minutos, más o menos, se puso en marcha también el segundo trozo de montaña en dirección de oeste a este, que causó la destrucción de la población de Jocolí y que terminó por com-

pletar la de la Villa de Lavalle. En Costa de Araujo y en los departamentos del este, la diferencia de efectos de ambos sismos se destacó mucho menos, porque el primero como el segundo obraron allí de la misma manera a razón de su situación topográfica y del estremecimiento casi continuo del suelo durante más de una hora.

X

Faz geológica del terremoto de Lavalle y Costa de Araujo

El geólogo estudia la historia pasada de nuestro globo, él establece las diferentes etapas de su evolución, mientras que el sismólogo se ocupa especialmente de la historia contemporánea, es decir, de las modificaciones que sufre nuestro suelo en la época geológica actual. Y conservándose inalterable la eterna ley *natura non facit saltus*, la sismología tiene sus raíces más profundas en la constitución geológica de cada región. Así es lógico que, para conocer de fondo los fenómenos geodinámicos que se desarrollan en el subsuelo de nuestra querida provincia, es menester darnos cuenta de los procesos cuyo resultado final es el actual relieve de la Cordillera y de la llanura adyacente dentro de los límites de la provincia de Mendoza.

Mendoza abarca en su territorio el macizo más culminante de la Cordillera de los Andes y esto es el motivo principal de que esta parte del globo ha constituido un punto de atracción para los geólogos europeos. El día 22 de marzo de 1835 el célebre naturalista Charles Darwin cruzó por primera vez las cimas del paso del Portillo dando un perfil geológico de la Cordillera que en sus rasgos principales ha conservado hasta hoy día su valor científico. En 1857 y 1858 Mendoza vió entre sus vecinos al afamado Germán Burmeister; más tarde siguieron los geólogos Stelzner, Brackebusch y Bodenbender, enviados desde la Universidad de Córdoba, y al fin desde 1906 adelante, el Ministerio de Agricultura de Buenos Aires tomó la iniciativa para completar los estudios geológicos de la región nuestra, mandando a los doctores Schiller al Aconcagua, al entonces jefe de la Sección geológica Keidel a varios puntos de la Cordillera y a Stappenbeck a la Precordillera de San Juan y Mendoza.

No es posible entrar en detalles respecto a los interesantes resultados obtenidos por dichos sabios, por lo que nos limitaremos a mencionar los datos que contienen relación inmediata con el objeto del presente informe.

Durante el tiempo que precedió a la época terciaria existía entre la Precordillera y la Cordillera marítima de Chile un profundo mar habitado por una fauna, rica especialmente en moluscos cuyos restos calcáreos y silíceos se han conservado hasta nuestros días. Al fin de la época llamada cretácea, se abrió en el fondo del aludido mar una extensa grieta que dió salida a enormes masas eruptivas que se levantaron a alturas considerables, arrastrando consigo todo lo que se opusiera a su marcha ascensional. El mar desapareció, y en su lugar nació la Cordillera de los Andes llevando hasta sus cumbres los fragmentos del antiguo fondo submarino. Son testigos elocuentes de esta etapa de evolución tectónica los abundantes y bien conservados fósiles que hoy encontramos a 4000 y 5000 metros de altura en las faldas del Aconcagua.

Pero el proceso geodinámico no se verificó sólo en sentido vertical de abajo para arriba, sino que las

masas ascendentes sufrieron al mismo tiempo un empuje lateral de oeste a este, hecho que constató Schiller por su trabajo publicado en los *Anales del Ministerio de Agricultura*, 1912, bajo el título « La alta Cordillera de San Juan y Mendoza ». Las consecuencias de la fuerza que obra en sentido horizontal de oeste a este se notan con toda claridad, por ejemplo, frente a Puente del Inca donde los estratos más antiguos (jurásicos y cretáceos) han sido sobrepujados encima de las capas (Edad terciaria) más jóvenes. A página 51, Schiller dice literalmente « Primero se nota la superposición discordante (sobrescurrimiento, cobijadura), observada hasta 4 ó 6 kilómetros, de conglomerados terciarios, por jurásico y cretáceo inferior, fenómeno que según las noticias que poseo, no se conocía de un modo tan grandioso en toda la América del Sur. Pero, también dentro del terciario mismo, se han producido sobrescurrimientos hasta centenas de metros. La fuerza principal que ha producido esta estructura irregular es un empuje desde el oeste o sudoeste, fenómeno tan común en muchas partes de la Cordillera. »

La aparición en la superficie del enorme volumen de masas eruptivas como las presenta la Cordillera más alta y especialmente el macizo del Aconcagua, no podía quedar sin ejercer su influencia mecánica sobre la Precordillera situada más al Naciente, es decir, en dirección del empuje lateral. La Precordillera cedió a la presión horizontal de oeste a este, rompiéndose en una serie de bloques por fracturas longitudinales y transversales, siendo estas últimas las más modernas.

Después de perderse la continuidad de la masa montañosa de la Precordillera por la fracturación, los bloques aislados por fallas se dislocaron y cada parte obedecía y reaccionaba contra la presión lateral de oeste a este independientemente.

El geólogo Stappenbeck en su trabajo ya mencionado, « La Precordillera de San Juan y Mendoza », ha constatado, desde nuestra Capital hasta Villavicencio, nada menos de cinco líneas transversales de fracturación y dislocación, que constituyen hoy las líneas de mayor inestabilidad, es decir, nuestras principales líneas sísmicas.

La más austral, que ha sido reconocida geológicamente desde el Cerro Bayo hasta frente de la ciudad vieja, fué la que originó los terremotos de Santa Rita, mayo 22 de 1782, de marzo 20 de 1861 y el gran temblor del 12 de agosto de 1903. El temblor del 26 de julio de 1917, que fué registrado en los sismógrafos del mundo entero y que por consiguiente debe haber tenido su centro muy profundo, ha alterado la posición mutua de los bloques de la Precordillera en sus raíces, y la alteración del equilibrio de los estratos submontañosos ha sido la causa de que la actividad sísmica se ha retirado de la vieja línea habitual para concentrarse sobre las tres fallas transversales que siguen a la primera más al norte. El primer acto de la nueva era sísmica mendocina fue el terremoto de Lavalle y Costa de Araujo.

La época orogénica de mayor intensidad corresponde al período terciario, pero los movimientos continúan atenuados hasta la época más moderna y las fuerzas que criaron el relieve actual de la Cordillera y de la Precordillera, dan hoy todavía señales de vida en forma de bramidos de la sierra, ruidos subterráneos, temblores y terremotos; además se manifiestan en nuestra región de una manera casi imperceptible por movimientos lentos de elevación y depresión de nuestro suelo al pie de la sierra; me refiero al crecimiento y decrecimiento periódico de las ciénagas, de que trataremos más adelante.

Los sobrescurrimientos de Papagayos (Stappenbeck) y de Salagasta (Keidel) de oeste a este son testimonios inequívocos de movimientos muy modernos. No sólo las fallas transversales de la Precordillera, sino también el sistema de líneas de dislocación longitudinales que atraviesan las provincias de Mendoza, San Juan y La Rioja, son producto del movimiento general de oeste a este.

Oigamos a este respecto la autorizada palabra del doctor Juan Keidel ex jefe de la sección Geología del Ministerio de Agricultura, quien trató este tema en una carta dirigida al presidente de la Academia de Ciencias en Viena, Eduardo Suess, en 1907 bajo el título *Sobre la estructura tectónica de los andes argentinos*. A página 10 dice Keidel, « Las observaciones que he podido hacer en los últimos dos meses (enero y febrero de 1907) demuestran que en la región de los bordes orientales de la Precordillera de Mendoza los movimientos de dislocación procedieron de occidente a oriente, la misma circunstancia ha podido constatar Stappenbeck en la provincia de San Juan (pág. 11). El tipo principal de las dislocaciones es la traslación oriental (tangencial). Pero como al movimiento vertical (de abajo para arriba) se ha asociado a la traslación horizontal que vino de oeste a este, se produjo la formación de las fracturas de torsión (en Salagasta) (pág. 21). Los temblores y terremotos de Mendoza, siguen indiscutiblemente las líneas de dislocación del campo de fracturas de Mendoza, hecho que hace creer que estas mismas líneas se encuentran aún en estado de evolución y que los movimientos tectónicos siguen siempre su viejo plan. »

En una comunicación privada que me envió Keidel poco antes del terremoto de Costa de Araujo, éste se expresa « Las observaciones dejan reconocer en lo que respecta a las conexiones entre la Cordillera Oriental y las cuencas que la separan de la Precordillera, *dos hechos de importancia general* 1° que el movimiento (vertical) reconocible en los bloques de montaña de la Cordillera Oriental era acompañado por un movimiento lateral y 2° que estos últimos movimientos horizontales o laterales aparentemente dirigidos al este estrecharon las cuencas, dislocando (fracturando) los sedimentos que llenaron sucesivamente estas cuencas. Sintetizando puede decirse que en su generalidad la Cordillera, en la región que nos ocupa, consta de bloques de montañas elevadas, que, bajo el influjo de la presión lateral (de oeste a este) y cooperando con el movimiento de elevación, tiende a profundizar las cuencas de sedimentación, inclinando sucesivamente las capas en el mismo sentido y produciendo hasta *sobrescurrimientos* (cobijaduras) en los *bordes occidentales de estas cuencas*. »

Si consideramos los hechos sísmicos observados durante la catástrofe de 1920, nos convencemos que el terremoto de Lavalle y Costa de Araujo no es sino la repetición de los procesos geológicos que han criado el relieve actual del suelo mendocino. La existencia de la gran falla longitudinal número I, que parte el Cerro de la Cal y que lleva sobre sí en Salagasta un sinnúmero de fallas de torsión y sobrescurrimientos, es obra de la presión lateral de la Precordillera de oeste a este. Al pie oriental de la Precordillera se encuentra una cuenca de sedimentación que lógicamente también debe haber sufrido los efectos del movimiento horizontal de oeste a este. El borde oriental de dicha cuenca está oculto debajo de los sedimentos que la rellenaron, pero su existencia se ha manifestado durante el terremoto de Costa de Araujo. Por el continuo avance de la Precordillera de oeste a este, la cuenca existente entre esta última y la cadena sepultada frente a Costa de Araujo se ha estrechado y las capas de sedimentación han tenido que adaptarse a una situación nueva.

La primera fase de la adaptación era el plegamiento de los sedimentos, siendo la orientación de los pliegues de norte a sur; la segunda fase consistía en el rompimiento de los pliegues en sus líneas de mayor tensión, es decir, sobre las líneas de mayor elevación y de mayor depresión. Por otra parte, a causa del avance de la Precordillera desuniforme, cediendo cada bloque de montaña a la presión lateral independientemente entre las respectivas fallas transversales, estas últimas se prolongaron hacia los sedimentos, cruzando los pliegues con rumbo NS bajo ángulos más o menos rectos. De tal suerte se produjo un sistema de líneas de fracturación que hoy constituyen nuestras líneas sísmicas, o líneas de menor estabilidad.

En mi primer trabajo *Estudio de sismología*, publicado en 1907 en los *Anales del Ministerio de Agricultura*, llegué a la conclusión « que el movimiento de las aguas subterráneas de Mendoza guarda una íntima relación con los movimientos sísmicos ». A página 27, dije « La causa del aumento del caudal de las vertientes y de la revenición de las ciénagas (me refiero a los años 1873 y 1906) es la depresión del suelo. » De las observaciones expuestas más arriba, se deduce con evidencia 1° las variaciones extremas de los promedios anuales de la presión atmosférica ; 2° las variaciones extraordinarias en el caudal de las vertientes al pie de la Precordillera ; y 3° la gran acción sísmica son manifestaciones de una misma fuerza, la que produce la elevación y depresión del suelo de Mendoza. » No se ocultaba entonces tampoco que esta misma fuerza obraba horizontalmente de oeste a este. A página 25 expuse « Digo que el período sísmico de 1906 es una repetición del período de 1873. Anteriormente demostré que la acción sísmica comenzó del lado occidental de la Cordillera y se propagó posteriormente al costado oriental o argentino en el año 1873, veremos ahora las anotaciones en mi catálogo de 1905 y 1906 ». Después de constatar la perfecta analogía que existía entre las épocas sísmicas de 1873 y 1906, concluyo a página 37 « El avance de la acción sísmica de oeste a este se muestra aquí con claridad. »

Antes de terminar la parte geológica del presente informe debo citar uno de los resultados obtenidos por Stappenbeck en la zona de la Precordillera afectada por el terremoto de 1920. En su obra *La Precordillera de San Juan y Mendoza*, publicada en 1910 en los *Anales del Ministerio de Agricultura*, el mencionado autor expone a página 109 « Esta falla (se refiere a la falla longitudinal del Cerro Pelado), la falla transversal de la Quebrada del Totoral, la falla transversal de la Quebrada de La Laja y la gran falla longitudinal de Salagasta que corre al lado del Cerro de Cal, encierran el trozo de Casa de Piedra, a cuyo alrededor, al oeste, al norte, al sur y al este, los terrenos se han hundido como puede verse en el mapa. El trozo encerrado casi completamente por las fallas no es un *horst* en sentido estricto, pero podemos considerarlo así. » Por los antecedentes geológicos reconocemos con toda claridad dos movimientos tectónicos — uno de hundimiento de bloques entre las fallas de dislocación transversales, y el otro de traslación del oeste a este ; y ambos movimientos combinados han producido los efectos que acabamos de describir, es decir, la fracturación del subsuelo al pie oriental de la Precordillera. A ellas debemos hacer responsables de la catástrofe de 1920.

VI

Antecedentes y consecuencias geofísicas de la catástrofe

Desde el año 1919 en adelante se ha podido observar una manifiesta tendencia de depresión del terreno desde Jocolí hasta Alto Verde, que se exteriorizó por el aumento de las aguas subterráneas en la superficie. Después del terremoto, el crecimiento del caudal de agua que brotó del suelo en Jocolí, en Corralitos, San Martín y Alto Verde alcanzó proporciones alarmantes, llegando en el invierno de 1922 a su punto de culminación. Entre Jocolí y El Borbollón hay una faja de terreno en que centenares de hectáreas de cultivos han quedado inundadas por la revenición. En Corralitos la cantidad de agua de vertientes que corre en los desagües es extraordinaria, mientras que en todas partes adonde los cultivos están sujetos al riego con agua de los ríos (Mendoza, Tunuyán, Diamante y Avel) la queja sobre falta de agua es general. En Alto Verde,

especialmente en la zona que se aproxima al Bajo Moyano se ha acentuado la revinción desde 1919 en una forma que los potreros de alfalfa fueron invadidos por una vegetación palustre.

Muy significativos son los hechos que me comunica uno de mis observadores de Alto Salvador, con fecha 30 de septiembre de 1922. La carta aludida dice lo siguiente « En los meses pasados, tuve varias veces ocasión de visitar el distrito de Las Tres Porteñas. Hablando de fenómenos geofísicos, los pobladores me aseguraron que casi diariamente sienten temblores de tierra (eso es casi dos años después del terremoto). En una bodega que está situada como 10 kilómetros al norte de mi casa (Alto Salvador), el agua subterránea antes del terremoto se encontró a 3 metros y medio de profundidad, mientras que luego después de la catástrofe, subió hasta 20 centímetros de la superficie del suelo. Si los dueños de la bodega tienen que hacer una ligera excavación para colocar una tina debajo de las cubas de fermentación, ya llegan al agua. En una propiedad próxima, el agua ha subido a flor de tierra sobresaliendo sólo las aristas de los bordes de riego. Muy extraño es que los numerosos temblores sentidos en Las Tres Porteñas quedan completamente desapercibidos en mi casa, aunque la distancia es relativamente corta. En tesis, generalmente se puede decir, que después del terremoto el nivel del agua subterránea ha subido; pues también aquí llegamos en invierno al agua a la profundidad de 30 centímetros, de manera que nuestros desagües ya no funcionan más como antes. ¿Cómo se explica este fenómeno? ¿Habrá sufrido nuestro terreno un hundimiento? »

La infiltración de agua proveniente de exceso de riego en las propiedades situadas a mayor altura no puede haber originado el ascenso del nivel de agua subterránea, porque los terrenos de aquella zona casi sólo reciben agua del río durante el verano, cuando la fusión de la nieve en la cordillera aumenta su caudal.

Las numerosas perforaciones que se han practicado cerca de El Borbollón y últimamente en El Sauce (Departamento de Guaymallén), prueban a la evidencia que las aguas subterráneas en la cuenca de sedimentación al pie de la Precordillera se encuentran bajo presiones considerables.

En el pozo artesiano construido hace pocos meses cerca de la bodega Tomba en el Sauce, el agua sube 6 ó 7 metros más arriba del piso general, viniendo de una profundidad de 119 metros — su caudal es de 1500 hectolitros por hora. En la finca de F. Moyano se construyó, en 1908, un pozo artesiano de 55 metros de profundidad que da 5000 a 6000 litros de agua por hora. Dicha finca está al rededor de 5 kilómetros al norte de El Borbollón. Según observaciones especiales que se hicieron en este pozo, se ha constatado que la cantidad de agua surgida depende de la presión atmosférica, quiere decir, que durante las épocas en que la presión atmosférica es muy baja, la cantidad de agua disminuye y viceversa. Observaciones análogas también se han hecho en las vertientes naturales de El Borbollón — notándose que durante los fuertes vientos zondas que siempre coinciden con presión barométrica baja, las aguas brotan con menor intensidad.

Volviendo ahora a la estructura tectónica de la cuenca sedimentaria al pie oriental de la Precordillera, nos podemos formar un juicio sobre el origen de las ciénagas que rodean la capital de Mendoza al norte (Jocolí, Lavalle) y al este y sudoeste (Corralitos, Las Tres Porteñas, San Martín y Alto Verde). Las fallas de dislocación transversales de la Precordillera constituyen los desagües naturales de la sierra próxima que recogen las precipitaciones líquidas de aquella región. Nuestro clima es relativamente seco y las tempestades de verano son poco numerosas, y si se descargan sobre la Precordillera en forma de lluvias de corta duración, la mayor parte del agua caída se lanza hacia la llanura sin penetrar en el subsuelo. No

sucede lo mismo de invierno. Las lluvias son duraderas y bastante copiosas y muy a menudo las cumbres de la Precordillera se cubren de nieve; entonces es que las aguas atmosféricas penetran, alimentando las corrientes que subterráneamente bajan a la llanura dentro de las fallas transversales de la misma Precordillera. Las aguas se acumulan en el subsuelo de la llanura. Pero como los estratos de la cuenca sedimentaria no han conservado su posición original horizontal, sino que se han plegado y que los pliegues se han fracturado en dos direcciones principales, primero con rumbo NS y después en dirección OE, las aguas subterráneas se distribuyen a lo largo de las líneas que ofrecen menor obstáculo. En caso que los líquidos acumulados en nuestro subsuelo encuentran alguna comunicación con la superficie del suelo, entonces suben según el principio de los tubos comunicantes. Las *ciénagas crecen*, se revienen. Los pliegues rotos en su base deprimida son las líneas predestinadas sobre las cuales las aguas subterráneas llegan a la superficie.

Las reveniciones de las ciénagas están sujetas a dos diferentes periodicidades. La primera la podríamos llamar periodicidad anual, quiere decir, que en verano las aguas cenagosas bajan y en invierno suben; sus causas ya las hemos mencionado más arriba. La otra periodicidad es debida a factores geológicos o orogenéticos y por eso la llamaremos periodicidad geológica — ella es el producto de la elevación o la depresión de nuestro suelo. A la elevación del suelo le corresponde el descenso de las aguas subterráneas, a la depresión el ascenso o la revenición. Años de retiro en las ciénagas fueron en Mendoza los de 1861, 1894, 1903 y 1910 y años de gran revenición 1872 a 1875, después 1906 y 1907 y al fin del período de 1919 a 1922. El atento lector reconocerá que los períodos indicados de movimientos extremos de las aguas subterráneas en nuestro territorio, son al mismo tiempo períodos de extraordinaria actividad sísmica, con lo que queda nuevamente establecido el principio general.

Que los movimientos de las ciénagas y los fenómenos sísmicos son manifestaciones de las mismas fuerzas, que en otras épocas han criado el relieve actual de nuestro suelo.

Mayores detalles sobre los movimientos verticales y horizontales de la cordillera y sus verdaderas causas me reservo para otro trabajo que llevará el epígrafe *Los terremotos y temblores andinos considerados desde el punto de vista del Principio de la Isostasia y de los movimientos de compensación*.

POSTSCRIPTUM

Terminado y entregado el presente informe a la superioridad, apareció en Alemania el cuarto número de las *Publicaciones del Instituto Sismológico* de Jena, que contiene el estudio de A. Sieberg y R. Lais sobre el *Gran Temblor* ocurrido el 16 de noviembre de 1911 en Europa Central. Tratándose de un terremoto eminentemente tectónico, como lo es igualmente el que nos ocupa, considero conveniente agregar a la presente publicación una breve mención de las conclusiones finales a que se ha llegado en dicho trabajo, y que apoyan, en sus rasgos generales, los conceptos e interpretaciones vertidos respecto de la catástrofe mendocina de 1920.

El capítulo que más nos interesa lleva el epígrafe « Influencia de la tectónica sobre la extensión del área sísmica ».

En el párrafo 3 hace constar la existencia de dos regiones epicéntricas distintas, separadas por una zona

relativamente extensa, en la que el terremoto se sintió con menor intensidad; una la llama *epicentro primario*, y la otra *epicentro secundario*. El primero es lugar de partida del movimiento geotectónico original, mientras que el segundo entró en acción recién después de sufrir la invasión de las primeras ondas superficiales procedentes del epicentro primario. Exactamente el mismo caso ocurrió en Mendoza el 17 de diciembre de 1920. El epicentro primario debe buscarse en la Serranía del Cerro Pelado; el epicentro secundario en la proximidad de la estación de Alto Verde (F. C. P.), desde donde partió la casi totalidad de los numerosos temblores posteriores al terremoto durante los años 1920, 1921 y 1922.

Los truenos y ruidos subterráneos que alarmaron a los vecinos de Las Tres Porteñas durante la tarde del 16 y en la noche del 16 al 17 de diciembre de 1920, son una prueba evidente de que allí existían acumuladas *energías* potenciales en el subsuelo, que con el primer impulso exterior se convirtieron en energía cinética, constituyendo un foco de actividad sísmica durante más de dos años.

En la gran mayoría de los casos (según el párrafo 5 de Sieberg) los efectos sísmicos se manifestaron con mayor energía sobre fracturas y dislocaciones, y es un hecho sorprendente que el máximo de la actividad sísmica se concentra a menudo en los puntos de intersección de dos fracturas.

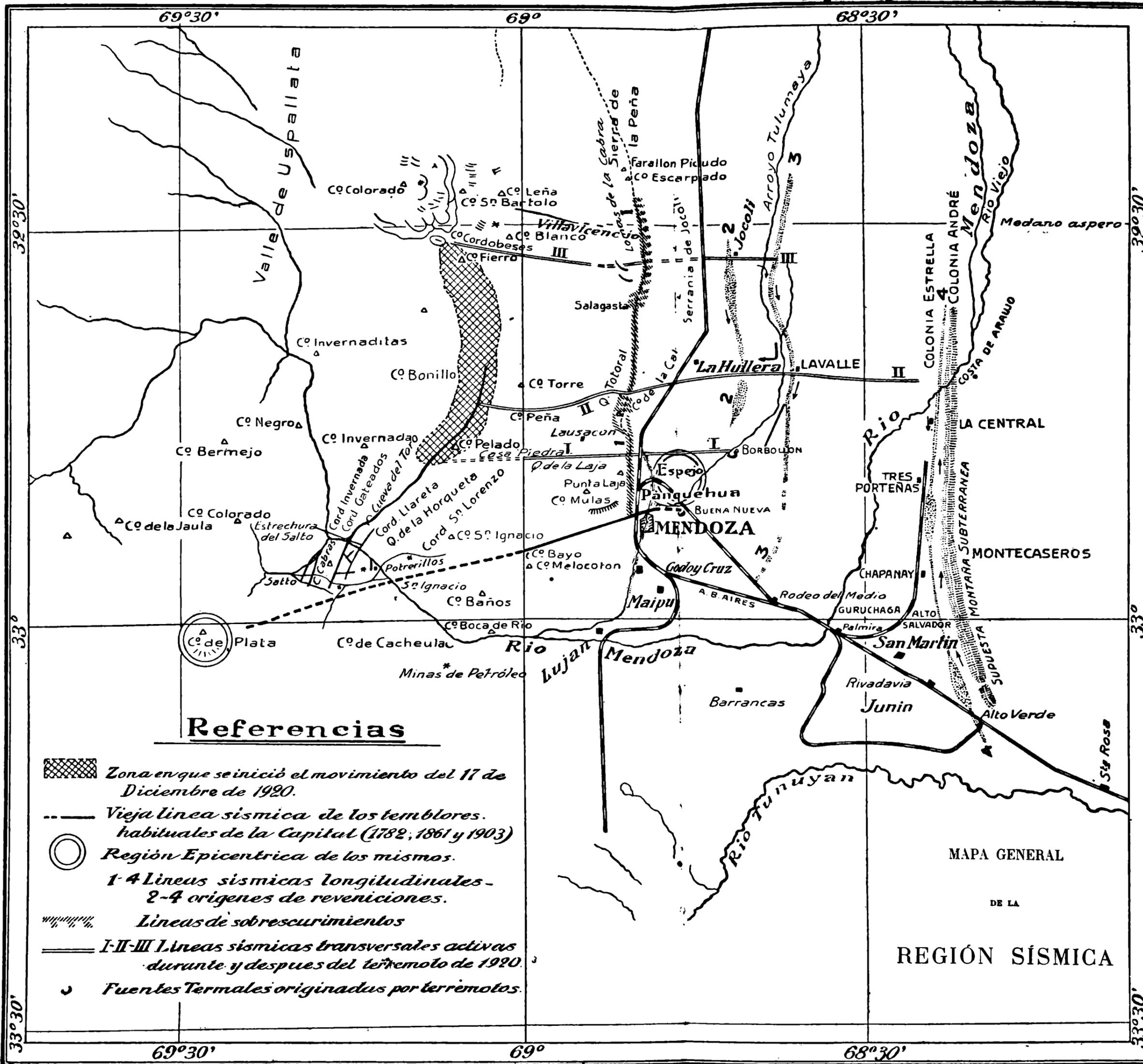
En el informe precedente se encuentran muchas observaciones que concuerdan con los resultados obtenidos por Sieberg, sólo debemos reemplazar la palabra *fractura* por la de *línea sísmica*; de ahí se puede deducir, sin temor de gran error, que en nuestro caso las palabras *fractura* y *línea sísmica* son sinónimas.

A pesar de disponer de poco material de observación respecto a este punto, en el párrafo 8, Sieberg y otros autores se inclinan a creer que el rumbo de una fractura existente dentro del área de conmoción, tenga cierta influencia sobre la propagación del movimiento sísmico. Si la dirección originaria del choque es paralela al rumbo de la fractura, el efecto mecánico se nota con mayor intensidad en la proximidad de la misma que en otros lugares más lejanos; y si el choque viene a tocar la fractura bajo ángulo más o menos recto, las ondas sísmicas se debilitan o amortiguan — quiere decir que en este caso se produce la sombra sísmica.

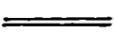
Tales líneas amortiguantes existen en la provincia de Mendoza entre Cacheuta y Potrerillos, y sobre todo en el valle del río Mendoza, que separa los departamentos del este de los del oeste. Además, podemos agregar — si el choque propagado sobre una fractura o línea sísmica encuentra un obstáculo que impide proseguir al movimiento en el mismo sentido, y existiendo otra fractura que corte la primera, el movimiento se propaga en dirección de la segunda fractura o línea sísmica, y por consiguiente, la dirección de propagación también cambia de rumbo. Se ha observado esto con precisión en Lavalle, Costa de Araujo y Las Tres Porteñas.

Habrán pocas regiones adonde la dependencia de la actividad sísmica de la estructura tectónica del suelo resalte tan claramente a la vista, como al pie de la Precordillera de Mendoza.

P. A. Loos.



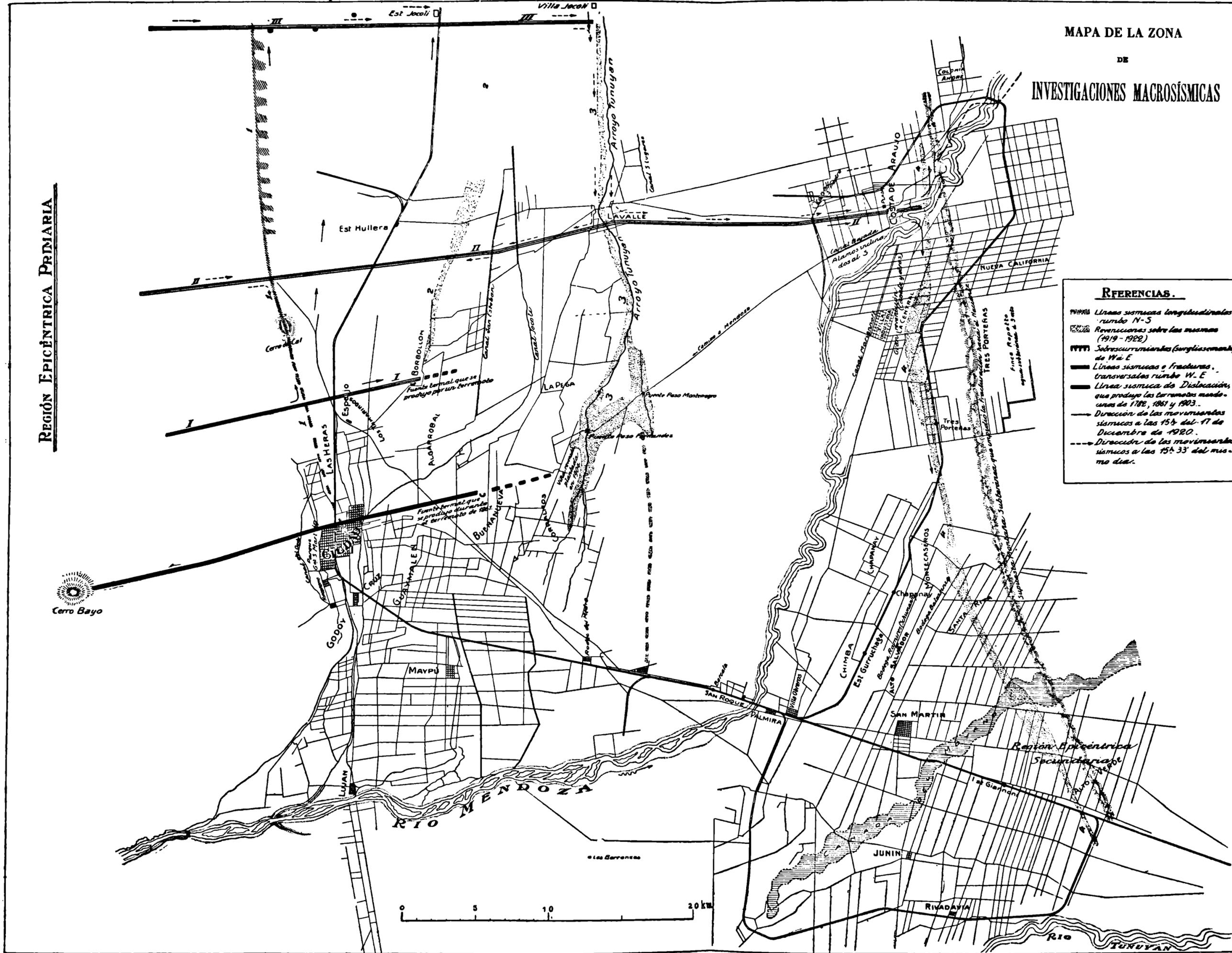
Referencias

-  Zona en que se inició el movimiento del 17 de Diciembre de 1920.
-  Vieja línea sísmica de los temblores habituales de la Capital (1782, 1861 y 1903)
-  Región Epicéntrica de los mismos.
-  1-4 Líneas sísmicas longitudinales - 2-4 orígenes de reversiones.
-  Líneas de sobrescurimientos
-  I-II-III Líneas sísmicas transversales activas durante y despues del terremoto de 1920.
-  Fuentes Termales originadas por terremotos.

MAPA GENERAL
DE LA
REGIÓN SÍSMICA

MAPA DE LA ZONA DE INVESTIGACIONES MACROSÍSMICAS

REGIÓN EPICÉNTRICA PRIMARIA



REFERENCIAS.

- Líneas sísmicas longitudinales rumbo N-S
- Reversiones sobre las mismas (1919-1922)
- Subcurrimientos (congiaseamientos) de W. E.
- Líneas sísmicas o fracturas transversales rumbo W. E.
- Línea sísmica de Dislocación que produjo los terremotos mendocinos de 1786, 1861 y 1903.
- Dirección de los movimientos sísmicos a las 15h del 17 de Diciembre de 1920.
- Dirección de los movimientos sísmicos a las 15h 33' del mismo día.

