

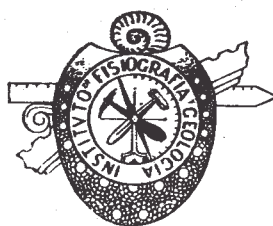
PUBLICACIONES
DEL
INSTITUTO DE FIOIOGRAFIA Y GEOLOGIA
DE LA
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales aplicadas
a la Industria de la Universidad Nacional del Litoral
Director: Dr. ALFREDO CASTELLANOS

XXI

ANOTACIONES PRELIMINARES
CON MOTIVO DE UNA VISITA
A LA
CIUDAD DE SAN JUAN
A PROPOSITO DEL TERREMOTO
DEL
15 DE ENERO DE 1944

POR
ALFREDO CASTELLANOS
(Prof. Titular de Fisiografía, Mineralogía
y Petrografía)

EDICION DEL AUTOR



ROSARIO
REPUBLICA ARGENTINA
1944

INTRODUCCION

La catástrofe sísmica que el 15 de enero de 1944 destruyó la ciudad de San Juan y sus alrededores, produjo el consiguiente estupor en el pueblo argentino que trató al instante de socorrer a los damnificados, una parte interviniendo directamente en la cuestión humana, mientras la otra procuraba contribuir a la reconstrucción de la ciudad devastada.

Respondiendo a estos últimos propósitos, el Delegado Interventor de la Facultad de Ciencias Matemáticas, etc., de la Universidad del Litoral, Arquitecto Ermete De Lorenzi, remitió al cuerpo de profesores de esa entidad, tres circulares solicitando, en la primera del 18 de enero, además de "la ayuda inmediata e impostergable que significa el aliviar el desamparo y dolor en que se encuentran los habitantes de San Juan y para lo cual tan espontánea y ampliamente ha respondido el pueblo argentino, cabe además tener en cuenta que a esta primera etapa del drama deberá seguir una de resurgimiento de la ciudad andina, más segura y más estética que nunca, que dé un verdadero sello de nacionalidad bajo todos sus aspectos y donde se demuestre que la capacidad del pueblo argentino para un grandioso resurgimiento, no es menor que la que ha puesto de manifiesto para mitigar la desgracia y el dolor".

"Si en la primera etapa, que más justificaba el desconcierto e improvisación, se ha dado prueba de una organización asombrosamente perfecta, con más razón debe hacerse todo el aporte de ideas posible para colaborar con las altas reparticiones del Superior Gobierno, que están empeñadas en que el problema final sea resuelto sin improvisaciones y con el máximo de perfección.

“Por ello y teniendo esta Facultad entre sus publicaciones una sección de “Monografías”, en la cual se editan “una serie de publicaciones que, en lenguaje castellano, contengan memorias clásicas, trabajos fundamentales de los creadores e historiadores de la ciencia y de la técnica; estudios acerca de la evolución de las ideas científicas, filosóficas o artísticas, y aquellos otros que por su naturaleza no encuadren en las actuales publicaciones de la Facultad”, el próximo ejemplar podría ser dedicado al problema sísmico. En consecuencia, *solicito del señor profesor, quiera remitir a la brevedad posible, trabajos de su especialidad, que contemplen los problemas urbanísticos y constructivos en las ciudades afectadas por los sismos, bajo los puntos de vista más modernos.*”

Al día siguiente (19 de enero) se envía una segunda circular, firmada por el mismo señor Delegado Interventor, a los profesores de la Facultad, concebida en los siguientes términos: “Teniendo en cuenta la especialidad de sus actividades profesionales y docentes, con particular interés me dirijo a usted, continuando mi nota del 18 de enero corriente, solicitándole quiera tener a bien hacer llegar a esta Facultad, a la brevedad posible, trabajos que se relacionen con los problemas que se plantean en la ciudad de San Juan con motivo del movimiento sísmico ocurrido recientemente en la misma.

“Dichos trabajos —que deberían ser dentro del concepto más moderno—, serían publicados en las “Monografías” de esta Casa de estudios y constituirían un verdadero aporte a la obra de reconstrucción de la citada ciudad.

“Me permito destacar que tanto *“esos trabajos como su publicación, para que llenen la finalidad que se persigue, debe hacerse con anterioridad a los estudios de reconstrucción que es de presumir se ha de disponer sin demora.”*

Por último, el mismo señor Delegado Interventor envía el 21 de enero otra circular al profesorado en la que se transcribe la de fecha 19 de enero y se agrega lo siguiente: “A pesar de encontrarnos en época de vacaciones y posibles veraneos, ante la gravedad e importancia del caso, me permito solicitarle encarecidamente que el señor profesor, dentro de su especia-

lidad, tome las disposiciones que su buena voluntad le permita para enviar a la brevedad posible su trabajo, *por cuanto el interés de la publicación estriba en su aparición con tiempo y material adecuadamente interesante para que sirva de colaboración en las obras de reconstrucción.*"

Cuando se produjo el sismo de San Juan y días después que se me enviaron las notas, me encontraba recorriendo las barrancas de las márgenes de los ríos de la zona serrana de Córdoba y al enterarme, con atraso, debido a la falta de comunicaciones, de lo que se me solicitaba, en calidad de profesor de Fisiografía, Mineralogía y Petrografía de la Facultad, comprendí que poca utilidad podría reportar un trabajo de erudición y escrito a la brevedad posible. Lo más conveniente era trasladarse a la ciudad de San Juan cuando se hubiesen resuelto los problemas de urgencia inmediata, como eran los de socorro a los damnificados. En mi visita realizada a esa ciudad pude comprobar lo inoportuno que hubiese resultado mi traslado apenas ocurrida la catástrofe.

Según mi criterio, era necesario dejar pasar un tiempo prudencial a fin de dar lugar a la solución de los problemas que eran previos a cualquier estudio de reconstrucción de la ciudad, tales como la atención de los heridos, la evacuación de la población, el enterramiento de cadáveres, la alimentación y vivienda de la población que se quedaba en la ciudad, etc., etc.

Cuando consideré que se habían solucionado los trabajos de más urgencia, me trasladé a San Juan, partiendo de Rosario el 8 de febrero.

En la ciudad destruída encontré que las ruinas estaban tal como las había dejado el sismo, a excepción de las torres de la Catedral que fueron derribadas posteriormente por ofrecer peligro su inestabilidad, la estatua de Laprida que había sido puesta de pie, etc. Justamente, en el tiempo en que me dedicaba a tomar por mi cuenta vistas fotográficas de las ruinas, una comisión con un fotógrafo tomaba vistas oficiales con destino al Ministerio de Obras Públicas de la Provincia.

En los días comprendidos entre el sismo que destruyó la ciudad y mi llegada, todos los medios de movilidad fueron

ineautados por el Gobierno para el traslado de heridos, evacuación de la población, transporte de escombros para la liberación de las calles, etc. Además, se carecía de alojamiento pues las casas y casillas eran insuficientes para albergar la población que quedaba en la ciudad y las personas que a ella acudían, completándose con el ingreso de numerosas comisiones oficiales y particulares.

En compañía del Sr. José Rubíes, Ayudante de la Cátedra y Secretario del Instituto de Fisiografía y Geología, llegué a San Juan. Nos fué imposible conseguir alojamiento en carpas y casillas, lo único que ofrecía seguridad, porque la zona de San Juan seguía temblando y algunos sismos eran bastante intensos; sin embargo tuvimos que hospedarnos en el "City Palace Hotel" (Fig. 1), apuntalado y cruzado por grietas y hasta con algunas paredes derrumbadas.

Debemos al Dr. Luciano R. Catalano, que se encontraba en Mendoza, la gentileza de ponernos en comunicación con el Ministro de Obras Públicas de la provincia de San Juan, Ing. Romeo Miguel Gaddi, quien me proporcionó planos y medios de movilidad, disponiendo al mismo tiempo me acompañase el Ing. Guillermo Campbell. Estas atenciones obligan mi profundo agradecimiento, pues sin la colaboración del ingeniero Gaddi no hubiese podido realizar mis estudios con la rapidez que el escaso tiempo de que disponía lo exigía.

En algunas de mis excursiones me acompañaron también el Ing. Juan Victoria y mi distinguido amigo el Ing. Ramón Flores, a quienes agradezco tal colaboración.

Mientras nos encontrábamos en la ciudad de San Juan, hacía su visita a la misma el Ministro de Obras Públicas de la Nación, General Pistarini, quien con una comisión de técnicos ingenieros y arquitectos, iba a estudiar la ubicación y reedificación de la ciudad.

Los primeros días los destinamos con el Sr. Rubíes, a recorrer la parte edificada y destruída por el terremoto, sus barrios y sus alrededores. Se observó el tipo de edificación, las paredes caídas, los sistemas de grietas, el rumbo e inclinación de las mismas, etc., etc., tomándose fotografías para la debida

documentación. Además de recorrer el centro de la ciudad, se visitaron las localidades de Concepción, Chimbas, Santa Lucía, Alto de Sierra, Trinidad, Villa Krause, Villa Obrera, Desamparados, etc.

Se extendieron luego las excursiones a Albardón, Baños de La Laja, San Martín (antes Angaco Sud), 9 de Julio, Independencia, Caucete, Villa Colón, Pie de Palo, Marquesado, Cerro de Zonda, Ullún, Bolsón de Ullún, La Bebida, Quebrada de Zonda, Cerro Blanco. No nos fué posible llegar más hacia el oeste y otras localidades de la Sierra de Villicum, Valle de Matagusanos, Serranía de La Deheza, etc., porque el tiempo disponible no lo permitía, dado que debía presentar mis observaciones antes de fin de mes.

No obstante haber recorrido una zona reducida, he podido informarme del mecanismo del terremoto; sin embargo creo necesario extender en una amplia región las observaciones a fin de conocer su grado de sismicidad para precaverse, con construcciones adecuadas, de futuras catástrofes en diferentes villas, ya fundadas recientemente o en vías de fundación.

La ciudad de San Juan, como la de Mendoza, se halla ubicada en una zona fracturada, como ya se ha hecho constar desde hace bastante tiempo, con una sobrecarga superficial de sedimentos que anualmente aumenta con los depósitos de acarreo de los ríos San Juan, en la primera ciudad y Mendoza en la última.

Para la región de la ciudad de Mendoza y sus alrededores, el Dr. Enrique Fossa Mancini ha podido establecer que "el suelo mendocino es extraordinariamente móvil por cuanto está dividido en bloques por fallas longitudinales y transversales", agregando que son de mayor importancia las segundas que las primeras.

Pero la "inestabilidad —dice el Dr. Fossa Mancini— no debería ser motivo de alarma, por cuanto los terremotos destructores no proceden de la movilidad de los bloques que constituyen la corteza de la tierra, sino de la resistencia que ellos deben vencer antes de desplazarse. Probablemente las superficies de menor resistencia (como, por ejemplo, las de las fallas

paralelas) actúan casi como depósitos de seguridad, pues a lo largo de ellas pueden producirse desplazamientos mucho antes que las tensiones diferenciales de las rocas hayan alcanzado la intensidad que se requeriría para determinar un terremoto catastrófico”.

La región de San Juan tiene una fisonomía semejante a la de Mendoza y por lo tanto debería realizarse un estudio de conjunto, empleando, como dice el Dr. Fossa Mancini, las fotografías y observaciones aéreas, en concordancia con las investigaciones sismológicas y geológicas.

Los antecedentes sísmicos de estas dos ciudades demuestran que ambas debieron fundarse con edificios apropiados, no contruidos con adobe, como era el material empleado en San Juan, en su gran mayoría y en los edificios de gran parte de Mendoza. Pareciera que la experiencia de los sismos anteriores, a pesar de los casos de destrucción total o parcial que se han registrado, no perdurara en el recuerdo de la población, pues existe entre ambas ciudades la arraigada creencia que las construcciones más resistentes a los terremotos son las de adobe, prejuicio que permitió la tranquilidad de los habitantes que no creían en los efectos de los temblores destructores.

También ha contribuido a fortificar esta confianza, la poca frecuencia de terremotos catastróficos, la estadística de los mismos, mejor en la región del este de los Andes que en la del oeste, donde a intervalos producen destrucciones de ciudades.

Montessus de Ballore, ex Director del Servicio Sismológico de la República de Chile, explica los resultados de sus prolongados estudios estadísticos, a que hemos hecho referencia, formulando una de sus leyes: “de dos regiones contiguas, tiembla más aquella cuya pendiente es más fuerte” y este principio fué desarrollado y esquematizado hace poco por el doctor Fossa Mancini.

Nosotros consideramos que no es ésta la única causa y que existen otras razones que hacen temblar con más frecuencia e intensidad el suelo chileno. Las estadísticas y los estudios realizados, de orden geológico, revelan que los terremotos del

lado argentino son casi todos de origen tectónico; las hipótesis emitidas para explicar algunos, atribuyéndoseles causas volcánicas, extensas napas de agua, fenómenos de disolución, desplomamiento de fragmentos de montañas, etc., no resisten, según mi opinión, un severo análisis crítico. En cambio, los terremotos chilenos han tenido diversos orígenes por permitirlo así las condiciones de ubicación, estructura del subsuelo, proximidades a zonas de paulatino hundimiento, etc., y por ello se señalan los diferentes tipos, los de Valparaíso, 19 de noviembre de 1822 y 16 de agosto de 1906; Concepción y Talcahuano, 20 de febrero de 1835; Valdivia, 7 de noviembre de 1837; Chillán y Concepción, en la noche del 24 al 25 de enero de 1939, etc.

La frecuencia, en Chile, de los terremotos, ubicándose sus áreas sísmicas en la costa pacífica o en la Cordillera de la Costa, que para el caso es lo mismo, aumenta la estadística del mayor número de sismos que se producen del lado chileno. Cuando el foco o hipocentro se sitúa, en la cordillera andina, el sismo se propaga a ambos lados de ésta con semejante intensidad. Estos terremotos son generalmente de origen volcánico y su producción no muy frecuente.

Existe un antiguo principio o ley que fundamenta la existencia de los terremotos orogénicos y tectónicos, que se formula en los siguientes términos: *"la arquitectura plegada de los geosinclinales es inestable, a la inversa de la arquitectura tabular de las áreas continentales estables"*.

El surgimiento de la Cordillera de los Andes del plegamiento del fondo del geosinclinal mesozoico, creó una nueva estructura en una larga y estrecha faja situada al oeste del continente americano. Además, ha forjado en su parte este, una vasta zona fracturada constituida por numerosos bloques que se han movido diferencialmente, ascendiendo algunos, para constituir cordones de montaña y hundiéndose otros para formar valles y llanuras intermontanas. Las fracturas longitudinales surcaron también la llanura chaco-pampeana y la mesopotamia.

Una de esas fracturas longitudinales, con rumbo aproximado N.-S., separa los cordones de la precordillera de San Juan y Mendoza de las Sierras Pampeanas y sobre esta falla se encuentran situadas las ciudades de San Juan y Mendoza.

No debemos olvidar tampoco que las causas que provocaron zonas fracturadas continúan existiendo y la presión tangencial ejercida a lo largo de fallas maestras también prosigue y por lo tanto la descomposición en presiones radiales origina movimientos diferenciales de los bloques.

Estos conceptos, expresados en líneas generales desde hace bastante tiempo por los geólogos, revelan la propensión a la producción de terremotos tectónicos, de poca magnitud en la mayoría de los casos pero algunos de carácter catastrófico, en las provincias de San Juan y Mendoza, que dejaron tristes recuerdos. Sólo cabe asegurar para el futuro la tranquilidad de los habitantes de las dos ciudades, con construcciones anti-sísmicas apropiadas. Por ahora debemos empezar con San Juan.

ANTECEDENTES

Bien conocidos son los numerosos terremotos, algunos desde tiempos anteriores a los de la conquista española, que se han sucedido en la región sud de la provincia de San Juan y que pueden tenerse como antecedentes, pero la gran mayoría fué de poca intensidad o los datos que se registran de ellos son lejanos o imperfectas reminiscencias, lo que no permite fundamentar con seriedad ningún hecho con un recuerdo impreciso o fertilizado por la imaginación.

Mendoza también ha pagado su tributo a los terremotos y su historia está estrechamente ligada a la de San Juan, porque la estructura de su subsuelo es semejante y su edificación igualmente inapropiada, hallándose por lo tanto en el peligro de experimentar la misma catástrofe que la ciudad hermana.

De los temblores cuyo epicentro se ha asignado a San Juan, puede confeccionarse un elenco bastante numeroso, lo que demuestra que su estructura tectónica es completamente inestable. Me refiero a ella pues casi todos los movimientos tienen su origen tectónico no habiendo sido probado el asignado a otros sismos.

Con respecto a los terremotos producidos en los últimos treinta y cinco años, con epicentro en la ciudad de San Juan, se registran los siguientes:

En el año 1908 se produjeron tres temblores, el 2 de junio, el 25 del mismo mes y el 4 de setiembre.

En 1909 se registra sólo uno, el 28 de abril; se produce luego una relativa calma entre los años 1910, 1911 y 1912, hasta 1913 en que se origina un sismo el 9 de noviembre, cuyo epicentro no fué bien definido, asignándosele un lugar de la provincia de San Juan. Se suceden nuevamente dos años de

calma y en 1916, el 11 de febrero, se siente otro temblor con epicentro en la misma provincia. En 1919 se anota uno sólo, el 11 de diciembre y en 1922, se registraron tres, el 14 y 24 de noviembre y 27 de diciembre, también con epicentro en San Juan; en 1923, los días 12 de enero, 21 de abril, 1 y 21 de junio y 3 de julio; en 1924, el 10 de febrero, 19 de marzo, 23 de mayo, 16 y 20 de octubre y 21 de diciembre; en 1925, el 3 de abril con una posible área macrosísmica, cuyos límites se fijaron aproximadamente en una región comprendida entre Las Cuevas al W., Luján al S., Rivadavia al E. y la ciudad de San Juan al N. Esta área concuerda con la de los terremotos del 17 de diciembre de 1920 y 18 de noviembre de 1925, lo que hace suponer que los epicentros de los tres temblores han sido iguales. Se ha tomado como foco común el Cerro Pelado, donde el Dr. Juan Keidel descubrió en 1914, una dislocación moderna en los sedimentos terciarios posados en la vertiente oriental de dicho cerro.

El 18 de noviembre de 1925 se registró el terremoto a que nos referimos últimamente, sentido con violencia en Cacheuta, Palmira y Mendoza, más intensamente en Punta de Vacas, Uspallata, Costa de Araujo, Rivadavia, Lavalle y San José, menos fuerte en Luján, Junín, Gutiérrez y Tupungato. Se trataba más bien de un terremoto mendocino.

En el mismo año, 1925, se registran otros dos movimientos, el 10 y 12 de diciembre.

En el año 1926 se anotaron los del 26 de febrero, 13 de mayo y 12 de junio; en 1927, el 28 de febrero y 19 de julio; en 1928, el 18 de febrero, 28 de julio, 11 de setiembre y 15 de diciembre; en 1929, el 11 de enero, 15 y 20 de junio, 17 de octubre, 23 de noviembre y 5 y 31 de diciembre; en 1930, el 13 de enero, 19 de mayo, 13 de junio, 28 de julio, 17 y 19 de octubre; en 1931 el 17 de agosto y 27 de setiembre; en 1932, el 26 de enero, 9 de marzo, 8 de mayo, 14 y 22 de junio y 30 de noviembre; en 1933, el 30 de enero, 25 de marzo, 3 de junio, 19 de octubre y 21 de diciembre; en 1934, el 9 y 12 de junio; en 1935, el 22 de febrero, 2 de abril, 9 de setiembre, 24 de noviembre y 20 de diciembre.

Desde 1936 hasta 1943, puede constatarse, como en los años anteriores, un elenco de temblores que prueba la periodicidad

de su producción, que si bien de poca intensidad permitían suponer con fundamento el advenimiento de alguno catastrófico, como el acontecido.

La ciudad de San Juan y sus alrededores, como la de Mendoza, tienen en su haber el triste recuerdo de dos terremotos catastróficos que han sido de graves consecuencias y que a pesar de ello parecen no haber influido en la adopción de medidas para la implantación de las construcciones antisísmicas. De estos dos temblores nos ocuparemos en particular, aunque brevemente, pues tienen estrecha relación con el producido a principios del corriente año.

El terremoto del 27 de octubre de 1894, destruyó la antigua ciudad de San Juan, situada entonces en el actual barrio de Concepción, es decir, un poco más al norte del emplazamiento de la ciudad de hoy. La edificación, totalmente de adobe, fué derruida y sin embargo, a pesar de esta experiencia, se construyó la nueva ciudad un poco más al sud, con las mismas características; al extenderse su reedificación quedó ligada a Concepción, formando parte de ella, como barrio.

En 1894 se creyó que trasladando la ciudad un poco más al sud se evitaba su emplazamiento en el epicentro de los terremotos, دادó que algunos autores sostuvieron que éste era Concepción. En el sismo del 15 de enero del presente año vuelve a ser Concepción la zona más perjudicada.

Lo mismo ocurrió en los departamentos de Albardón y Angaco Norte y Sud que según los señores Cantoni y Caputo en el terremoto del 27 de octubre de 1894 se originaron grietas mayores que las producidas en el sismo del 15 de enero último puesto que aquellas tenían hasta dos metros de ancho.

El terremoto de 1894 tuvo mucha semejanza con el reciente y el geólogo de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba y Profesor de la Universidad, Dr. Guillermo Bodenbender, realizó una revisión geológica, anotando las características de este temblor. Le asignó un epicentro en las proximidades de la Cordillera de los Andes, extendiéndose, desde allí, en dirección al E. y aminorándose su intensidad a medida que

se alejaba de aquél; llegado el sismo a las fallas longitudinales que delimitan los bloques de la Precordillera de San Juan y Mendoza, éstas entraron en acción produciendo una sacudida de rumbo N. S. cuyos efectos se extendieron hasta unas sesenta leguas al N. de la ciudad de San Juan.

Para Bodenbender, el epicentro podría ubicarse en los valles en bolsón de Iglesia y Rodeo, porque en ellos la intensidad del sismo fué más evidente adquiriendo allí su máximo, y en los que los "golpes de abajo a arriba fueron más violentos".

El movimiento, partiendo de esta área de la Precordillera, continuó hacia e E. tomando como guía las fallas transversales, pudiendo arribar así a la llanura.

En la zona macrosísmica se han notado huellas de gran valor, como grietas, que si bien de poca anchura y longitud son de mayor importancia por su orientación. En los valles longitudinales del Cura, Iglesia y Rodeo al oeste, de Jachal, Niquivil, Pampa de Tucumuco, de la Travesía o Matagusanos, en el centro y al Este en los de Jagüel-Vinchina, Unión-Guandacol y del Zanjón o Bermejo, las grietas llevaban un rumbo N. S., mientras en la llanura, como en Angaco Norte, Angaco Sud (hoy San Martín), San Juan, Gaucete, 9 de Julio, etc., su rumbo era de W. E.

El sismo tuvo una mayor propagación, franqueando los límites de la provincia de San Juan, se extendió por La Rioja cuya capital experimentó sus efectos, especialmente los golpes dirigidos de abajo a arriba.

En lo que respecta a la intensidad de la propagación de este terremoto, Bodenbender señala cinco zonas, haciendo notar que dicha intensidad disminuye de W. a E. Estas zonas son:

- 1) De los valles de Iglesia y Rodeo con propagación a los del Cura y río Blanco situados más al norte. En esta zona se registró la máxima intensidad.
- 2) De los valles de Jachal, Niquivil, Tucumuco, Matagusanos y de la ciudad de San Juan.
- 3) De los valles de los ríos Vinchina y Guandacol y llanura o valle del río Zanjón o Bermejo.

4) Zona comprendida entre los cordones de Famatina y de Velasco y su continuación hacia el Sud.

5) La llanura que se extiende al E. de la Sierra de Velasco y su prosecución hacia el Sud.

Con motivo de este terremoto de 1894, que destruyó la antigua ciudad de San Juan, surgió la opinión de trasladarla a un lugar más seguro, mencionándose uno del W. de la ciudad donde el suelo está cubierto por un manto de rodados y que se creyó ofrecía mayor firmeza y en donde se notaron efectos más tenues. Bodenbender sostuvo en esa oportunidad que sólo se conseguiría retirar la ciudad de una falla para acercarla a otra y concluía que a su juicio "no existe en toda la provincia un sitio libre de grietas, adecuado para la nueva ciudad" y luego añadía que "para ampararse contra estos fenómenos de la naturaleza no hay otro medio que el de edificar conveniente las habitaciones".

A pesar del tiempo transcurrido, estas expresiones de Bodenbender son de actualidad. La condenación que este geólogo hizo a la mala edificación, no ha sido tenida en cuenta para nada y el desoir lo que se dijo hace cincuenta años, costó hoy vidas humanas y daños materiales.

Bodenbender concluye su estudio expresando que el foco de este terremoto tectónico debió hallarse al N. del paralelo 27°, en una región volcánica poco conocida. El temblor se inició con un choque contra la costra sólida del globo, originado a enorme profundidad, actuando en primer término sobre las fallas que en crecido número surcan con rumbo N. a S. el suelo de las provincias de San Juan y La Rioja y que forman las líneas de menor resistencia.

Los mayores efectos del temblor se "encuentran en la zona (N. S.) ya hundida en épocas anteriores (depresiones, valles) y alcanzan el *maximum* en la zona limítrofe de la Cordillera principal, disminuyendo hacia el Este, en las zonas más o menos paralelas".

"Los efectos, continúa Bodenbender, crecen en las regiones australes y más bajas y planas de estas zonas, debido a la ac-

ción del agua subterránea, la que salió a la superficie de las rajaduras formadas a consecuencia de haberse sentado los terrenos diluviales y aluviales, por la fuerza del sacudimiento”.

Otro terremoto de importancia es el producido el 3 *de julio* de 1941, siendo afectadas las poblaciones ubicadas al pie occidental de la Sierra Pie de Palo; se grietaron algunas casas, otras de poca estabilidad se derrumbaron, no siendo muy grandes los daños causados por tratarse de poblaciones pequeñas con edificación mala.

Villa Colón, por ejemplo, fué una de las poblaciones que experimentó más desperfectos, aunque no de la magnitud de los sucedidos el 15 de enero, que fueron reparados de inmediato.

Para terminar, agregaremos la fecha de producción de otros terremotos, como los del 22 de mayo de 1936 y 9 de marzo de 1943, cuyos efectos se tradujeron únicamente en grietas en los edificios y la caída de algunas cornisas.

Completando estos antecedentes debo mencionar el fenómeno observado por el Dr. Enrique Fossa Mancini, producido entre las 11 horas y las 11 y 37' del día 17 de enero de 1936, fenómeno de desplazamiento sin temblores perceptibles para los observadores y que tuvo lugar en la sierra del Morado (Prov. de San Juan) al norte de Villicum, que forma la pared occidental del amplio valle o llanura intermontana, entre Campos de la Punta del Agua y Campo de La Laja.

El Dr. Fossa Mancini expresa que habiendo constatado la “existencia de espejos de fricción a lo largo de las superficies de estratificación”, en la Quebrada de Quillay, y debiendo regresar, 37 minutos después vuelve a pasar por el mismo lugar, notando en el fondo de la quebrada dos grietas verticales que no existían anteriormente y que “cada una de las cuales se originaba al pie del afloramiento de una de las varias fallas paralelas reveladas por los espejos de fricción”. El distinguido geólogo explica el fenómeno de la siguiente manera: “el desplazamiento brusco a lo largo de las superficies de falla, determinó de inmediato la formación de las grietas verticales, pero las partes occidentales, que (relativamente a las orientales) se hundían, tendían a ser arrastradas por la fricción contra las

partes opuestas; los estratos de arenisca, deslizándose sobre algunas superficies de estratificación, resistieron bien a dicha tendencia y el material aluvional de las partes que (relativamente) se hundían, fué arrastrado hacia arriba, probablemente con aumento de porosidad y por consiguiente, de volumen y de espesor”.

El Dr. Fossa Mancini volvió al lugar al otro día y en vez de dos grietas encontró cinco y en el término de veinte horas se habían producido desplazamientos a lo largo de las tres fallas paralelas. En dos días el desplazamiento vertical es de un centímetro en cada falla paralela activa. En el lecho de la quebrada de Quillay, el Dr. Fossa Mancini observó otras grietas, algunas en relación con otras fallas paralelas. Este mismo geólogo considera que se ha producido un movimiento sísmico en la Sierra del Morado, en la madrugada del 17 de enero y de carácter local “con foco muy poco profundo; las vibraciones sísmicas pueden haber sido amortiguadas rápidamente por los estratos inclinados del Terciario, donde hay numerosas intercalaciones de arcilla arenosa, de arenisca arcillosa y de conglomerados poco compactos, que probablemente no se comportan como rocas rígidas y, por lo tanto, no deberían favorecer la propagación de las ondas elásticas”.

Desde hace “un tiempo más o menos largo, dice el Dr. Fossa Mancini, el equilibrio entre la parte central del trecho austral de la Sierra del Morado y la faja de llanura que bordea su faldeo occidental, estaba perturbado de manera que se habían producido tensiones interiores en el núcleo y en el área occidental del anticlinal”.

Más adelante añade el mismo autor: “que una zona de varias decenas de kilómetros de ancho, al este de la Precordillera, está sometida en la actualidad a esfuerzos que tienden a intensificar el plegamiento ya existente y promover, a lo largo de las fallas, los desplazamientos que favorecen tal intensificación”. En los momentos actuales continúan actuando las mismas fuerzas orogénicas que en tiempos geológicos anteriores produjeron grandes pliegues de N. a S.

El terremoto del 15 de enero próximo pasado, está ligado a sus antecedentes y responde a los mismos orígenes; en el futuro se repetirán de tiempo en tiempo acontecimientos semejantes hasta que las causas productoras desaparezcan, lo que creemos muy difícil.

EDIFICACION

La causa de la catástrofe ocurrida en la ciudad de San Juan no se debe exclusivamente al sismo, sino al tipo de edificación y a la pésima calidad de los materiales empleados, agravado todo ésto con la estrechez de las calles que fué el sepulcro de numerosos habitantes.

Edificación de adobe. — Más del 90 % de la edificación de la zona central de la ciudad de San Juan es de adobe, material que en su totalidad constituye la de los barrios y suburbios.

Las *paredes* están construídas con adobes de 45 a 52 centímetros de largo por 25 a 27 de ancho y 12 de espesor, cada uno. Las paredes medianeras se levantan con tres hileras de adobes, que hace un espesor total, contando el barro que oficia de argamasa de unión entre ellos, de 1 m. 40 a 1 m. 60 (Figs. 38, 74 y 77). Estas son las mejor construídas pues las hay que tienen una hilera de adobe, colocado transversalmente en cada lado intercalándose en el centro una brecha de fragmentos angulosos de adobes, unidos por barro. Las demás paredes son de adobes colocados de lado y los tabiques, con los mismos, pero ubicados de punta.

En los barrios suburbanos, como en Concepción, las construcciones eran de peor calidad; la parte inferior consistía en paredes "de cajón" como se hacen los tapiales y cercos en toda la región del norte y oeste del país. La estabilidad de estas paredes, por más espesor que posean, es muy escasa dado que entre cada pan o bloque que forma una "cajonada de barro", no hay más que contacto (Figs. 9 y 11).

He notado que en algunos edificios los muros medianeros eran de mayor espesor en la parte superior que en la inferior.

Algunas paredes carecen de trabazón o ella es muy reducida en su unión con otras y esta disposición quedaba oculta por el revoque y la pintura. Su inestabilidad se puso en evidencia con el sismo que fácilmente separó los muros y actuaron independientemente.

El *revoque* de las paredes está hecho, en la mayoría de los casos, con barro y arena (limo artificial), para evitar las grietas de desecación que se producirían con el empleo de la arcilla pura; sin embargo, también el exceso de arena tiene el inconveniente de la falta de adhesividad; luego son blanqueados con cal y pintados. Otros revoques de mejor calidad son de cal y arena, pero esta última lleva un poco de arcilla y el fraguado del cemento es muy imperfecto. Cuando la pared de adobe se humedece este revoque se desprende.

Los *cimientos* son muy poco profundos y este hecho ha contribuido notablemente al derrumbe total de muchos edificios. Además de la escasa profundidad de la fundación, el cimiento se ha hecho en la mayoría de los casos, con cantos rodados o trozos de ladrillos cementados con barro y entonces la humedad, ocasionada por la mayor pluviosidad en los veranos de estos últimos años, había invadido los muros de adobe, desagregando la parte externa de los mismos, con la consiguiente disminución de su espesor en la sección basal de las paredes. Además, entre los cimientos y muros en elevación existía un verdadero despegamiento.

La altura de las habitaciones es por lo general de 4,50 m. a 5 m., en los de una planta y un poco menos, unos 0,50 m. más bajas, en las de dos.

La estabilidad momentánea de estos edificios de adobe se debía a la gravedad y no podía exigirse la resistencia a un terremoto ni aun con la intensidad de 6 ó 7 grados de la escala de Mercalli y Cancani, modificada por Sieberg y Vinassa.

Los *techos* son también de pésima calidad y para tipo de su construcción deficiente se ha tenido en cuenta lo favorable del clima seco de la región. Sobre la parte superior de los muros se han colocado, en los techos de una sola agua, vigas de álamo sin labrar, pero sin corteza; no están ancladas y

sólo posadas sobre el muro, con la inclinación requerida para que se deslice el agua de lluvia sobre el techo. Cubriendo estas vigas se dispone un "cañizo" de cañas de Castilla, que se crían en los canales de riego (cañaverales) y atadas éstas con "tientos" de vacuno, mojados, y sin pelar, que al desecarse se retraen y endurecen. En otras construcciones más precarias el "cañizo" se fabrica con ramas de árboles. Una vez dispuesto el "cañizo" ya mencionado se colocan una o dos capas de barro con paja molida, las que se aumentan de acuerdo al tiempo transcurrido, dándole un aspecto de estratificación (Fig. 17). Se trata, pues, de un techo de enorme peso y poca impermeabilidad a la lluvia. En el sismo del 15 de enero, al moverse las paredes, las vigas sin anclaje se han corrido siguiendo la pendiente del techo y el material constitutivo del último, cayó íntegro dentro de las habitaciones.

Los techos de dos aguas tienen el material dispuesto en las mismas condiciones, pero presentan una cumbrera donde se posan varas que asientan en el otro extremo sobre los muros. Estos techos han resistido más que los anteriores porque las varas estaban fijas en la cumbrera por "tientos" o alambres.

Este tipo de techo es el preferido por los habitantes de San Juan, ciudad donde se sienten fuertes calores, por ser muy económico, muy fresco en verano y caliente en invierno, estación ésta donde se sienten los rigores de una temperatura baja.

Este techo de barro a que aludimos, se oculta a la vista en su parte interior, por un cielorraso de lienzo o de madera y en casos excepcionales de metal estampado.

Muy pocas casas (Fig. 48) tienen techos de chapas de hierro galvanizado, pues este material es empleado más bien para galpones (Fig. 13) e iglesias (Figs. 59 y 76).

He notado en menor proporción los techos llamados de azotea, siendo frecuente encontrarlos en la edificación con ladrillo y cal.

He realizado la breve descripción de este tipo de construcción, porque él representa, como lo dije anteriormente, la casi totalidad del observado en los edificios de San Juan y deseamos evidenciar con ello su pésima calidad y que ha sido éste el cau-

sante de la catástrofe ocurrida, en oposición a la opinión arraigada entre los habitantes de San Juan y Mendoza, quienes sostienen que es la edificación antisísmica más económica.

Los que hemos recorrido el país sabemos que son las construcciones que predominan en el interior y que las razones de su existencia se fincan en la fácil obtención de los materiales empleados, abundantes en toda la región y por consiguiente muy económicos, pero su estabilidad y condiciones higiénicas son muy exiguas.

Desde hace largo tiempo se ha insistido que esta construcción de adobe es la que más resiste los temblores, a tal punto, que se la consideraba antisísmica. En el terremoto de Sampacho (Pcia. de Córdoba), ocurrido en la noche del 10 al 11 de junio de 1934, como hizo notar el Dr. Juan Olsacher que observó sus efectos, las casas de adobe fueron las más destruídas, comprobándose, por lo tanto, que es el material más inadecuado para edificaciones en zonas sísmicas.

A pesar de la triste experiencia con lo ocurrido en San Juan, hay personas en esta misma ciudad, entre ellas algunos ingenieros, que siguen sosteniendo la resistencia del adobe a los sismos.

Algunas casas de adobe han sido modernizadas, según la expresión de los habitantes de San Juan y ello consiste en la construcción de la pared del frente con ladrillo y mortero de cal, revocada con otro mortero a base de cemento portland, llevándose en algunos casos más allá la modernización con la construcción de las piezas del frente con el mismo material.

Después del sismo se ha notado en pie la parte modernizada y el resto del edificio, de adobe, completamente destruído. Sin embargo, pasando por la calle se obtiene la impresión que toda la casa se ha librado de los efectos del temblor.

Otro tipo de modernización del frente es más precario y consiste en una rafa de ladrillos colocados de canto y trabados por hileras de ladrillos de punta, incrustados en el adobe. Se ha hecho ésto más bien para asegurar el revoque y ofrecer un frente de aspecto moderno. Estos se han caído en su totalidad.

Edificación de ladrillo y mortero de cal. — Esta edificación representa una estadística escasa para la ciudad de San Juan y se reduce a su parte central. Es la que más ha resistido al sismo. Si la calidad de los materiales hubiese sido buena, el terremoto sólo habría provocado grietas en el revoque, resistiendo más las casas al movimiento; pero el ladrillo muy pesado y mal cocido, por una parte, y el mortero de cal que unía, formado con arena y arcilla, de fraguado lento y deficiente, hizo que dicha mezcla se desgranase fácilmente. Si agregamos a éstos otros defectos de edificación, como la poca profundidad de los cimientos, el enorme peso del techo de azotea, la poca trabazón de las paredes, etc., fácil nos será comprender el resultado después de ocurrido el sismo. En este tipo de construcción se ha buscado más que la seguridad y su estabilidad, la economía y las casas han sido construídas con elementos de mala calidad.

Algunas casas tienen vigas de hormigón armado y han soportado bien el temblor.

Todos los edificios, tanto los de ladrillo, como los de adobe, tenían en la parte superior de sus fachadas pesadas cornisas, las de ladrillo especialmente cargadas de ornamentos; éstas fueron las primeras en derrumbarse y caer a la calzada, causando las primeras víctimas entre los transeuntes que escapaban de sus domicilios (Figs. 16, 36, 51, 61, 63 y 64).

En casas de mayor solidez se produjeron grietas horizontales de decapitación que separaban la cornisa del resto del edificio.

Una prueba de que los desperfectos producidos en los edificios han sido ocasionados por la mala calidad del material empleado, es el hecho que en las casas construídas con ladrillo, las grietas conjugadas (en cruz de malta) con 45° de inclinación, tenían una trayectoria escalonada siguiendo el mortero de cal que unía los ladrillos (Fig. 23).

En otros edificios del mismo tipo las grietas sólo se produjeron en el revoque y las horizontales separaban dos hileras de ladrillo mientras las verticales aparecían escalonadas como en el caso anterior.

Algunas de estas construcciones han resistido perfectamente bien cuando los materiales empleados eran de buena calidad, tal como el utilizado en la edificación de la Escuela Normal, donde se instaló la Casa de Gobierno, poco después del sismo, el Colegio Nacional y otras casas que se destacan entre el montón de escombros de adobes que cubren las manzanas.

La iglesia Catedral, construída en parte con ladrillo y mortero de cal, de espesas paredes y techos en bóveda, a pesar de ello, sufrió los efectos del movimiento, habiéndose derribado las partes posterior y lateral (Figs. 69-71).

Conviene hacer notar que durante el terremoto que nos ocupa, los edificios que más han sufrido sus efectos, a pesar de ser muchos de ladrillo y mortero de cal, son las iglesias y los conventos, sin producirse víctimas entre sus guardianes, a excepción de lo ocurrido en la iglesia del barrio de Concepción donde se realizaba un casamiento, cuyo edificio quedó completamente destruído. Pareciera que el 15 de enero se hubiese querido establecer un absoluto divorcio entre el Cielo y la Tierra (Figs. 59-60 y 65-80).

Insistimos en establecer que la pésima calidad de los materiales empleados en las construcciones de iglesias y conventos ejecutadas a largos plazos, la forma de las mismas con altas torres, los techos en bóveda, etc., han sido los factores contribuyentes para la caída de sus muros y techos (Figs. 59-60 y 65-80).

En Albardón, donde parece que el sismo ha sido más violento, algunos edificios de ladrillo y mortero de cal, con techos de chapas de hierro galvanizado, se han derribado, como el que ocupa la Biblioteca San Martín (Fig. 24).

El Gobierno de San Juan, por intermedio de sus técnicos, ha levantado un censo de los edificios que quedaron en condiciones de ser habitados, incluyéndose aquellos que deben ser reparados. Con ésto podrá verse el número y las condiciones en que quedaron las casas construídas con ladrillo y mortero de cal, después del terremoto.

Edificios de hormigón armado. — Son muy escasos y aunque no del tipo antisísmico, resistieron perfectamente bien el movimiento.

Algunos techos de hormigón armado cayeron por el derrumbe de las paredes que los sostenían (Fig. 14), pero en los construídos con este material, con demasiada economía, se produjeron en el hormigón numerosas grietas desprendiéndose éste de la armadura metálica (Fig. 15). Se trata de casos no frecuentes en donde se evidencia el escaso control que hubo en las construcciones de la ciudad de San Juan.

Al contemplar los escombros y restos de edificios arribamos a una amarga y grave conclusión: la falta de técnicos en la construcción para el levantamiento de los edificios que formaban la ciudad de San Juan y cuya presencia sólo se hace notar en contados casos.

Es indudable que la falta de previsión ha sido la causa primordial de la destrucción de San Juan. En todo momento se ha tratado, como lo atestiguan sus construcciones derrumbadas, ahorrar el costo de material y honorarios de técnicos capacitados. El aspecto moderno que presentaba la ciudad era completamente superficial, como ya lo hicimos notar al principio. En una palabra, la catástrofe que produjo el sismo del 15 de enero, en la ciudad de San Juan, fué debida a la falta de control en las construcciones y al olvido de los antecedentes que demuestran pertenecer a una zona sísmica.

Deseamos terminar estas líneas con algunas manifestaciones del Dr. Martín S. Cappelletti, Jefe de la Sección Sismológica de la Dirección de Meteorología, Geofísica e Hidrología de Buenos Aires, emitidas a propósito del terremoto de Sampacho del 10 al 11 de junio de 1934. El Dr. Cappelletti, juntamente con el Dr. Pablo Groeber, formaban parte de una comisión nombrada por el Superior Gobierno Nacional, encargada de estudiar el terremoto de San Juan del 15 de enero último.

Dice Cappelletti lo siguiente: "Está, pues, en el poder de los constructores, de los arquitectos y de los ingenieros el borrar los terremotos de la lista de los azotes humanos con tal de que lo quieran, puesto que la teoría prueba y la experiencia

lo demuestra, que un edificio resistirá victoriosamente a los terremotos más fuertes, siempre que sea homogéneo, elástico e indeformable. Con esta simple fórmula cualquier constructor podrá deducir los medios más a propósito para salvar sus edificios del peligro del sismo.

“Se ha dicho más arriba que el principio de la homogeneidad, elasticidad e indeformabilidad era indispensable en los edificios levantados en zonas sísmicas. Pues bien, el cemento armado presenta estas tres propiedades en el más alto grado”.

Estando en un todo de acuerdo con las expresiones del Dr. Cappelletti, comprobadas tanto en mi visita a Sampacho realizada en 1935, como a San Juan en febrero último, dejamos la resolución del problema del futuro de la ciudad de San Juan, a los ingenieros, en especial a los que se dedican al cálculo y construcción del hormigón armado y que son los que deben intervenir en forma activa.

NOCIONES SOBRE GEOGRAFIA DE LA REGION

La zona pleistocénica corresponde, en su mayor parte, a una región llana, de tipo de valle abierto al N. y al S., donde se comunica con llanuras cargadas de sedimentos y de mayor extensión. Al N. se tiene la Travesía del Zanjón y los Campos de la Punta del Agua, al S. y S. E. la llanura del N. E. de Mendoza. La parte más afectada por el sismo, en donde parece que ha sido de más intensidad, está al W. de la anterior y corresponde a la Precordillera de San Juan y Mendoza y a sus valles longitudinales.

La región llana estaría limitada, al W., por la Sierra de Villicum y las Lomas de las Tapias, al N. del río San Juan; y al S. del mismo río por la Sierra Chica de Zonda con sus cerros de Zonda, de La Laja, Divisadero, Bayo, etc., y más al S. por la Sierra de las Flechas. Este cordón pertenece a la Precordillera. Al E. se levanta la sierra Pie de Palo que corresponde a las Sierras Pampeanas y en la parte más estrecha de esta llanura en forma de X, se ubica la zona llana más afectada, desde las canchales de travertina de La Laja al N., hasta Los Berros, Cañada Honda, Media Agua por el S.; al E. Las Casuarinas, Villa Santa Rosa, Villa Colón, Caucete, San Martín, etc., hasta la implantación de la sierra Pie de Palo.

El río San Juan corta este valle transversalmente en la zona más angosta, continuando luego su trayecto de N. a S. Este recorrido tiene su importancia en la sobrecarga de los sedimentos que el río aporta. Al S. se elevan cerrillos aislados, como los Cerrillos, Cerro Valdivia. Al W., limita al valle una escarpa fracturada de la Sierra Chica de Zonda y una falla longitudinal por la parte occidental de ésta que continúa por

la sierra de Villicum y del Morado. El valle está atravesado longitudinalmente por una falla maestra y otras paralelas de menor importancia, además por fallas transversales.

Durante el plioceno, el río San Juan, como río antecedente, ra labrado la Quebrada de Zonda que es un valle transversal surcado ahora por el Estero de Zonda. Al salir este río al E. ha divagado depositando una gran cantidad de sedimentos que se dispusieron en extensa terraza denominada Pampa de la Bebida y que se dilata entre la Quebrada de Zonda y la población de la Bebida. El camino corta dicha pampa pedregosa de N. E. a S. W., la que posee aproximadamente unos 8 kilómetros de N. a S. y 5 kilómetros de W. a E. Se ha pensado ubicar en esta pampa la nueva ciudad de San Juan porque los efectos del último terremoto fueron muy tenues, pero ofrece otras dificultades para la edificación, como la constitución del suelo y subsuelo formado por un espeso manto de cantos rodados y arena, inadecuado para ubicar una ciudad, existiendo, además, la posibilidad que el río San Juan cambie su recorrido actual por la Quebrada de Ullún y atraviere el Valle de Zonda inundando la Pampa de la Bebida.

Los movimientos del pleistoceno inferior levantaron la Sierra Chica de Zonda deteniendo las aguas del río San Juan que abandonó la Quebrada de Zonda. Debido a un descenso que formó la depresión de Ullún situada más al N., se transformó ésta en una cubeta lacustre en donde se han depositado limos, de los que actualmente existen algunos afloramientos. Este lago tenía poca profundidad pero ocupaba una gran extensión.

Las areniscas pliocénicas permitieron la infiltración del agua del lago hacia la llanura de San Juan y después fueron surcadas por una corriente de agua; se desagotó así el lago y se labró el cauce del río San Juan por la Quebrada de Ullún. En la actualidad se observan las infiltraciones y la formación de túneles cuya existencia ha sido constatada por el Dr. Groeber.

La sobrecarga de sedimentos, producida en la parte estrecha, a lo largo del valle donde está la ciudad de San Juan y los pueblitos de sus alrededores, que va depositando el río de este nombre, ocasiona el consiguiente desequilibrio. Primero se

acumulan espesas capas de aluviones, en la parte W., formando la Pampa de la Bebida, después este mismo proceso se hace al E., al otro lado de la falla longitudinal. En otra época se depositaron potentes capas aluvionales entre Albardón y Concepción, siendo las más espesas las del N. y al disponerse en terrazas originaron luego, por erosión del mismo río, albardones que son los que dieron el nombre a la población.

No debe olvidarse tampoco, donde se notan signos de hundimiento, la acción de los fenómenos de disolución de las calizas cambro-ordovícicas, ni sería despreciable para las zonas no asentadas, el peso que pueda ejercer la densificación de la edificación.

En una zona fracturada, por consiguiente inestable, cualquier sobrecarga de la superficie contribuye a su mayor inestabilidad.

La región donde está situada la ciudad de San Juan es una zona de infiltración de las aguas del río y de los torrentes que bajan de los cordones del W. y de Pie de Palo del E., es decir, que está surcada por napas subterráneas. Además, los canales que nacen del río San Juan y que surcan la llanura regando los suelos de cultivo, constituídos por limo, hacen más fluidos los sedimentos, facilitan por lo tanto las vibraciones y éstas adquieren mayor amplitud permitiendo la propagación de las ondas superficiales que dan nacimiento a las gravílicas, tal como se observa en los caminos próximos (Figs. 95-98), calles y veredas de Albardón (Figs. 99 y 100). Se debe añadir a estas sugerencias el hecho de que la potente cubierta de terreno incoherente es el más inadecuado para soportar la edificación de que estaba construída la ciudad de San Juan, cuyos edificios carecían de los cimientos indispensables.

El agua subterránea que surca en diferentes napas el subsuelo de esta planicie contribuye a aumentar más la sismicidad de la región, especialmente cuando dichas napas modifican su nivel. Sobre este particular ha insistido Loos. No creemos que estos fenómenos sean capaces de producir terremotos catastróficos, pero sí elevar la categoría en grados de la escala de Mercalli para un sismo dado.

Del punto de vista geográfico la planicie donde se levantaba la ciudad de San Juan es de las zonas que contribuyen a aumentar la sismicidad de la región.

Podemos considerar esa llanura semejante a la que domina en la ciudad de Mendoza, con la diferencia que al E. carece esta última de un tórmo antiguo que la interrumpe y continúa por lo tanto hasta la falla del Río Desaguadero y las sierras de San Luis.

CONSIDERACIONES GEOLOGICAS

A fin de poder explicar el mecanismo del terremoto se hace necesaria una breve reseña geológica y en particular tectónica, de la zona afectada.

Primero nos ocuparemos de los límites occidental y oriental de la región para referirnos luego a ella misma.

Las sierras de La Flecha, Pedernal y en especial la Chica de Zonda, juntamente con la Quebrada de Ullún y sierras de Villicum y del Morado, forman el límite W. de la gran llanura longitudinal orientada de N. a S., donde está situada la ciudad de San Juan y sus alrededores.

La sierra Chica de Zonda es un bloque elevado por los movimientos de la tercera fase tectónica de Groeber, producidos en el mioceno y separa la fosa tectónica o Bolsón de Ullún y Zonda al W., de la llanura de San Juan al E. Dicho cordón, como los otros mencionados, pertenece a la Precordillera de San Juan y Mendoza y se halla constituido por calcáreos granulosos cambro-ordovicianos, fuertemente plegados durante el pérmico. Dichas calizas de color gris azulado son, en parte, dolomíticas y frecuentemente silicificadas. Según el Dr. Groeber, en su parte superior, se hallan cuarcitas blanquecinas.

La posición que tiene en la actualidad el bloque de las calizas es casi vertical, porque ha sido volcado hacia el naciente mientras ascendía. Esta torsión la ha notado también el doctor Groeber en la estructura interior y los ejes de los pliegues cerrados están inclinados, según el mismo geólogo, hacia el N. E., con un ángulo mayor de 50°.

Al llegar a la margen derecha del río San Juan, en la Quebrada de Ullún, las calizas desaparecen bruscamente y se

hunden a gran profundidad en un sinclinal, cubiertas por sedimentos pliocénicos y limos lacustres. Vuelven a surgir las calizas al N., en el extremo S. de la sierra de Villicum, cuya parte N. parece corresponder a un pilar tectónico; en cambio, en la proximidad de su extremo austral, según el Dr. Fossa Mancini, se recibe la "impresión de que el Ordoviciano descansa encima del Terciario, sugiriendo la idea de una cobijadura".

Sobre el flanco oriental de la sierra Chica de Zonda y en la Quebrada de Ullún, las calizas están cubiertas en discordancia por depósitos terrestres del terciario que corresponden al plioceno y encima de éstos se hallan limos lacustres del pleistoceno superior.

Estos sedimentos depositados en el plioceno durante una época de tranquilidad tectónica, han sido atribuidos por Bodenbender, Stappenbeck, Tapia, Groeber, etc., a los "Estratos Calchaqueños" (Figs. 105 y 106) que se relacionan, por lo menos en gran parte, con las areniscas del Valle de Yocavil (Santa María) atribuidas al *Araucanense* y al *Santamariano* y al *Uquiense* del Valle de Humahuaca.

Las areniscas mencionadas, de San Juan, se han dividido en tres pisos que corresponden a las divisiones inferior, medio y superior del plioceno, cuyo espesor es estipulado por el doctor Groeber en 1.500 metros iniciándose con un conglomerado basal de aspecto brechoide y constituido por fragmentos angulosos de caliza cambro-ordoviciana cementados por un material calcáreo. Representa el rellenamiento de depresiones orográficas en la penillanura que cortó las calizas. La extensión de estos sedimentos es circunscripta. En la serie le suceden: arcillas rojas y encima de las últimas, areniscas, arcillas rosadas muy friables y bancos de rodados bien redondeados, donde faltan los de caliza cambro-ordoviciana y abundan los de porfiritas, pórfidos cuarcíferos y grauvacas silúricas y devónicas.

Las areniscas de los estratos más superiores cambian su composición por arcilla arenosa conteniendo en su masa material tobáceo proveniente de las erupciones de traquiandesita y traquita del plioceno. A medida que se modernizan los depósitos aumentan las camadas de rodados apenas cementados,

compuestos de porfiritas, pórfidos cuarcíferos, grauvacas de edad silúrica y devónica.

La superficie del bloque de las calizas, era la de una penillanura antes de depositarse los sedimentos pliocénicos.

La sierra Chica de Zonda ofrece como límite W., que la separa de la fosa tectónica de Zonda y Ullún, una falla de dirección, aproximadamente, N. NE. y que ha impreso ese rumbo al cordón. En la Quebrada de Ullún y en el sinclinal continúa describiendo un arco de concavidad W. y limita los sedimentos el piso inferior de los "Estratos Calchaqueños". Esta falla continúa por la parte W. de la sierra de Villicum.

Al S. de la Quebrada de Zonda aparecen dos y tres fallas paralelas que cortan el cordón longitudinalmente, formando una escarpa fracturada que mira al E.; en la falda oriental se disponen las terrazas en series escalonadas.

Los movimientos orogénicos plio-pleistocénicos, que han sido de gran escala, levantaron nuevamente el bloque de calizas rompiendo la cubierta de depósitos pliocénicos y esta acción perforante fué debida a los movimientos radiales señalados por Groeber y Tapia para la sierra Chica de Zonda y por Fossa Mancini para las sierras de Villicum y del Morado.

En los depósitos pliocénicos atribuidos a los "Estratos Calchaqueños" se intercala una colada de dacita entre las areniscas del piso superior y del medio, la que puede observarse en varias partes por su extensión, estando bien caracterizada en Cerro Blanco en el camino a Calingasta.

Esta colada que se prolonga al N., hasta la serranía de Deheza, ha debido ocurrir en el plioceno superior y en Cerro Blanco está en contacto la colada, sobrepuesta a areniscas gris verdosas del plioceno medio; en la separación de ambas se destaca una capa de 0m.30 a 0m.50 de bombas volcánicas (Figura 107).

Los sedimentos pliocénicos que corresponden al piso medio y en donde predominan las areniscas grises o gris verdosas y posiblemente los sedimentos del piso inferior, tal vez pertenezcan al *Araucanense* del Valle de Yocavil y al *Uquiense*; en cambio los depósitos del piso superior, atribuidos al plioceno

superior y en donde el Ing. Ramón Flores encontró una mandíbula de *Toxodon*, correspondan al pampeano inferior.

Estos "Estratos Calchaqueños" de la Quebrada de Ullún, ofrecen fallas con rumbo E.N.E. que cortan los pisos inferior y medio. Estas fallas se prolongan al E. y desaparecen en los sedimentos más modernos. Ellas han desempeñado su rol en el terremoto del 15 de enero.

Según Tapia, estas fallas transversales normales o inversas, con rechazos de 2 a 30 metros, son muy visibles en la margen izquierda del río San Juan, donde por mi parte también las he observado.

El límite oriental de la llanura de San Juan lo forma el escudo de Pie de Palo, perteneciente a las Sierras Pampeanas, constituido por gneis, micasquistos, esquistos clorítico-granatíferos, esquisto cuarcítico, anfibolita, gabbro saussurita, etc.

En las estribaciones del W. de Pie de Palo, se eleva un cordón antecedente formado especialmente por calizas ordovicianas, donde existen canteras en las que se explota el calcáreo.

A 40 kilómetros al S. de la ciudad de San Juan se halla una pequeña elevación denominada "Cerro Valdivia" que pertenece a las Sierras Pampeanas y más al N.E. se destacan los Cerrillos que también corresponden a las mismas sierras.

A unos 40 kilómetros al N.N.E. de la citada ciudad se levanta una extensa bóveda fracturada, la sierra Pie de Palo que corresponde igualmente a las Sierras Pampeanas.

El Cerro Valdivia está separado de la Precordillera de San Juan y Mendoza (Sierra Chica de Zonda), como lo ha hecho notar Alascio, por dislocaciones tectónicas cubiertas por un espeso manto de terrenos sedimentarios modernos. Estas dislocaciones que se prolongan hacia el N. y de dirección aproximada N. a S., separan dos zonas cuya constitución petrográfica y estructura tectónica es diferente, la de la Precordillera de San Juan y Mendoza y la de las Sierras Pampeanas.

El basamento cristalino del Cerro Valdivia está constituido por anfibolitas, micacitas y cuarcitas. Estas últimas son las menos metamorfizadas; según Alascio su rumbo es de 60° E.N.E. con una inclinación de 35° hacia S.S.E. y son las

más modernas de las rocas citadas. Estas cuarcitas descansan concordantemente sobre micasquistos y están atravesadas por pegmatita, en parte milonitizada. A su vez, las micacitas se hallan cruzadas por filones de aplita.

Las rocas más antiguas son anfibolitas y anfibolitas micáceas. Stappenbeck menciona la existencia de *gneiss* que procedería de un "granito central", atravesado aquél por filones de pegmatitas y aplitas.

Sobre el basamento cristalino descansan arenas cuarzosas y feldespáticas, conglomerados, etc. del paleozoico; encima continúa con los "Estratos Calchaqueños" y sedimentos pleistocénicos y recientes.

EL TERREMOTO DE SAN JUAN DEL 15 DE ENERO DE 1944 Y SUS EFECTOS

Primeras noticias. — El Observatorio Nacional de la Universidad de La Plata, poco después de producido el sismo, emitió el siguiente comunicado oficial:

“Los sismógrafos de este observatorio registraron un violento terremoto cuya inscripción comenzó a las 20h.51'48” interrumpiéndose el registro a las 20h.54'30” por haberse saltado las agujas del mecanismo inscriptor. Los cálculos provisionales conducen a un epicentro situado en el Este de la provincia de San Juan, aproximadamente a 950 kilómetros de La Plata. Como consecuencia de la interrupción del registro no hay datos suficientes para el cálculo del movimiento en esta ciudad. Dada la intensidad extraordinaria de este sismo es de prever que se produzcan sucesivos movimientos de menor importancia en la zona epicentral”.

El Observatorio Meteorológico de Villa Ortúzar dió a conocer un primer comunicado en los siguientes términos:

“En los sismógrafos del Observatorio Central de Buenos Aires se ha registrado hace escasos minutos un sismo de gran intensidad que ha provocado el salto de las agujas de los sismógrafos. La hora del comienzo del sismo ha sido las 20h.51'39” 8/10, siendo registrado el salto de las agujas a las 20h.54'20” (Figs. 2 y 3). La primera observación establece la distancia del sismo a unos 1000 km., entre los 280 y 285 grados, lo que hace ubicar el epicentro al sudeste de la provincia de San Juan. No puede por el momento ampliarse esta información por cuanto es necesario proseguir el cálculo del registro para deducir las conclusiones definitivas”.

A la 1h.15' se dió un segundo comunicado expresado así:

“Las fajas de los sismógrafos instaladas en el Observatorio Central de Buenos Aires han registrado en las últimas horas de ayer un movimiento sísmico de gran intensidad. Las primeras ondas fueron captadas a las 20h.51'40”, ocurriendo a las 20h.54'20” el salto de las agujas inscriptoras como consecuencia de la amplitud del movimiento (Figs. 2 y 3). Pese a ello ha sido posible calcular la distancia epicentral, la cual resulta de unos 950 kilómetros, con una dirección a este observatorio de 280 a 285 grados entre Oeste y Oeste Noroeste. Esto hace que el epicentro se ubique en el sudeste de la provincia de San Juan, en la zona comprendida entre la ciudad y los límites de la provincia con la de Mendoza y San Luis. La hora de ocurrencia del fenómeno en la zona epicentral resulta ser aproximadamente 20h.49'35”. Cabe señalar que el grado de intensidad necesaria para provocar la alteración instrumental anteriormente indicada es el que corresponde a una aceleración superior a los 7 mm. por segundo cuadrado, por lo cual la intensidad con que este sismo ha sido sentido en esta capital fué superior al grado tercero de la escala internacional de intensidad. En la zona epicentral la intensidad ha sido mucho más grande evidentemente, pero sobre la cual no puede abrirse juicio exacto por las causas apuntadas”.

“Debió ser lo bastante grande como para provocar destrozos y alarma en aquellas poblaciones que están próximas al foco. Debe señalarse que este sismo ha debido ser sentido con intensidad variable en numerosos puntos del país, ya que su intensidad no es común a nuestras zonas sísmicas”.

Las vibraciones de dirección N. a S. (Fig. 2) y las de E. a W. han sido registradas en las fajas del sismógrafo de péndulo astático horizontal de Wiechert. El sismograma de las vibraciones N. a S. denuncia que ellas habían adquirido una enorme amplitud en su fase principal y una corta fase inicial en que se registraron vibraciones de poca amplitud.

El sismograma que registra la componente de E. a W. (Figura 3) tiene una fase inicial en que las vibraciones son de

mayor amplitud que en el caso anterior, para seguirle una fase principal con amplísimas vibraciones.

La Oficina de Tráfico y Movimiento del F. C. al Pacífico ha ubicado el epicentro del sismo en la ciudad de San Juan. Otras opiniones lo colocan en las canteras de La Laja, debido a grietas que han aparecido en la región, pero todas carecen de pruebas evidentes.

El Departamento de Sismología y Geodesia de la costa de Estados Unidos de Norte América sostiene que el epicentro de este temblor se halla aproximadamente a los $31^{\circ}5'$ de latitud S. y 68° de longitud W., lo que resulta improbable.

Los habitantes de San Juan y sus alrededores experimentaron en la noche del 15 de enero, a las 20h.51', un fuerte empujón de E. a W., inmediatamente una réplica violenta en sentido opuesto e instantáneamente después perciben los efectos de un movimiento ondulatorio cuya onda se extiende de N. a S. y es sentida como golpes de abajo a arriba. Un ruido ensordecedor acompaña al fenómeno, todo en la más completa oscuridad; se desploman los edificios y se levanta una densa polvareda, al mismo tiempo que se escuchan por doquier gritos y lamentos de las víctimas. En unos minutos quedó la ciudad de San Juan destruída casi por completo.

Después de haber terminado esta monografía y presentado al señor Delegado Interventor para su publicación, me llega con fecha 28 de marzo una comunicación del señor Héctor Ceppi, Sub-Director de la Dirección de Meteorología, Geofísica e Hidrología del Ministerio de Agricultura de la Nación, en la que se acompaña una información referente al sismo de San Juan que fué solicitada por el Secretario del Instituto, señor José Rubíes, de acuerdo a una disposición del Director.

El informe y los gráficos que lo acompañan, del Jefe de la División Geofísica, Dr. Martín S. Cappelletti, adjuntados en la nota del señor Ceppi, expresan lo siguiente:

“En la Estación Sísmica de Buenos Aires (Observatorio de Villa Ortúzar), las ondas correspondientes al comienzo de los primeros tremores preliminares que denotaremos con P, se registraron en las dos componentes orientadas en las di-

recciones Norte-Sud y Este-Oeste de la proyección horizontal del movimiento sísmico, a la siguiente hora:

$$P = 19^h 51^m 40^s$$

“Las segundas ondas preliminares u ondas de distorsión, que denotaremos con S, corresponden a la siguiente lectura:

$$S = 19^h 53^m 25^s$$

“La diferencia de tiempo S-P nos da un valor expresado por:

$$S-P = 1^m 45^s$$

lo que, según las tablas sísmicas más modernas corresponde a una distancia epicentral de 960 kilómetros. Esta distancia es inferior en unos 35 kilómetros a la verdadera, puesto que la investigación en el terreno demostró que la zona sísmica reconoce como epicentro la región noroeste de la capital de San Juan.

“Para poner de acuerdo los hechos habría que considerar que las ondas S corresponden a una entrada de las ondas de distorsión de unos seis segundos más tarde, como se ha indicado en la gráfica. Pero esto no es probable, puesto que la onda tomada anteriormente para realizar con ella los cálculos, es la que más se ajusta a la naturaleza de las ondas transversales.

“Cosa análoga sucede con el momento de llegada de las ondas superficiales, cuya lectura sería

$$L = 19^h 53^m 57^s$$

“Pero este tiempo para la onda L nos conduce a una distancia epicentral de unos 950 kilómetros, lo que es evidentemente erróneo.

“Para un valor de L mayor, es decir, para

$$L = 19^h 54^m 05^s$$

correspondería a una distancia epicentral de 990 kilómetros. Si esto pone de acuerdo los hechos con la realidad, resulta sin embargo, poco probable, que la onda S haya llegado tan tarde.

“La discrepancia en los dos casos mencionados según los cuales S-P y L-P expresados en tiempo, dan valores menores, se explica por la incorrección de las tablas sísmicas, las que, en general, para el registro de temblores en el Observatorio “Buenos Aires” cuyos focos están entre 1.000 y 1.500 kilómetros dan un error por defecto de un 3 %.

“El Observatorio de La Plata registró el primer tremor P a las

19^h 51^m 48^s

lo que está completamente de acuerdo con el registro de Buenos Aires.

“El Observatorio de Mendoza ha registrado tan sólo el primer impacto de la onda de condensación desconectándose inmediatamente las palañcas. La onda de condensación llegó a Mendoza a las

19^h 49^m 57^s

para una distancia epicentral de unos 150 kilómetros.

“Se conoce también el valor de P para el Observatorio Sismológico de La Paz (Bolivia) situado a 1.680 kilómetros del epicentro. La lectura ha dado

$P = 19^h 53^m 03^s$

“Con los cuatro tiempos correspondientes a la llegada de la misma onda a los observatorios de Mendoza, Buenos Aires, La Plata y La Paz se pudo determinar que el choque en el epicentro corresponde a las

19^h 49^m 29^s

“El sismógrafo de Mendoza es un péndulo cónico del tipo “Omori-Bosch”, sin amortiguadores y de una amplificación de unas 20 veces.

“El sismógrafo de Villa Ortúzar es un péndulo astático Wiechert” de 1.000 kilogramos de masa, cuyo aumento dinámico está dado por la gráfica adjunta para un determinado valor del período del suelo, los que se obtienen del sismograma.”

Debemos hacer notar que primeramente se fijó el epicentro en una región situada al S. E. de la provincia de San

Juan, luego que se inspeccionó la zona conmovida se transportó aquél al N. W. de la misma ciudad. Esta disparidad de apreciación en la localización del epicentro se explica satisfactoriamente con la interpretación que nosotros hacemos del sismo.

Zona pleistosista. — De acuerdo al breve recorrido que he realizado por la región afectada, he marcado en un mapa (Fig. 1) la zona donde se han sentido con más evidencia los efectos del sismo, pero ella no es isosista, porque dentro de la misma existen algunas localidades como Ullún, Albardón, canteras de travertina de La Laja, la ciudad de San Juan, Desamparados, Trinidad, Concepción, Chimbás, Angaco Norte, San Martín y Caucete, que muestran una reactivación de los efectos.

Dirigiéndose de Mendoza a San Juan no se aprecian desperfectos en las pocas casas que hemos observado, construídas con adobe y que constituyen las pequeñas poblaciones en las proximidades de las estaciones Ramblón y Retamito, pero se manifiestan algunos indicios en Cañada Honda y en Los Berros; el Ing. Ramón Flores ha percibido grietas en la iglesia. En Media Agua, al día siguiente del terremoto, el Sr. Carlos Rusconi, que fué en automóvil de Mendoza a San Juan, observó fisuras que cortaban el camino con dirección N. E. a S. W., con abertura de 4 a 5 centímetros y un desnivel de 15 cm. Unos días después estas grietas se cerraron quedando sólo un descenso en rampa.

En la población de Media Agua se aprecian grietas en las casas, más evidentes que en otras poblaciones, y también cornisas caídas.

A medida que nos acercábamos a la ciudad de San Juan los efectos del terremoto eran más manifiestos. En Villa Krause, situada al S. de aquélla, se derrumbaron algunas pocas casas de adobe y se han agrietado otras. La Villa Obrera, compuesta de edificios construídos de ladrillo y cal, no ha sufrido desperfecto alguno.

Hacia el N., en el centro de la ciudad de San Juan y su barrio Concepción, los efectos del sismo en los edificios son de carácter catastrófico. En Albardón a más de los desperfec-

tos en la edificación, se produjeron grietas en los caminos, calles y patios de las casas.

En los Baños de La Laja, las lesiones son de poca importancia. El hotel está construido con bloques labrados de travertina (Fig. 20) y sólo se notan algunas grietas pequeñas y cortas y varios lavatorios se han despegado de la pared. Las piletas no han sufrido, en general, perturbaciones y sólo en una se produjo una grieta de cierta consideración (Fig. 21). La fuente termal de agua sulfurosa experimentó en su caudal una modificación pasajera. Al principio, luego del sismo, disminuyó, pero en seguida aumentó considerablemente, saliendo junto con el agua gran cantidad de material pumíceo de fuerte olor sulfuroso. Unos días después se regularizó.

A 2 y 4 kilómetros al S. de los Baños de La Laja, se notan grietas en el camino carretero. Las más importantes son dos que lo cortan (Figs. 17 y 18), una marcaba un desnivel de 0m.60 y su dirección era de N. W. 30°, mientras la del camino es de N. E. 55°.

A 5 kilómetros al N. E. de los Baños de La Laja, están las canteras de travertina, una de *Emilio Cappella* de Rosario, donde el sismo fué de gran intensidad y los efectos producidos de considerable importancia, a tal punto que algunas personas sostenían en San Juan, que allí estaba el epicentro y otras hablaban de acontecimientos fantásticos.

El movimiento derribó a los canteristas que estaban de pie; las casas construidas con bloques de travertina labrados y orientadas de N. a S., se cayeron; en la sala de máquinas cortadoras saltaron algunas piezas, las que se encontraron varios días después.

Inmediatamente de producida la sacudida se abrieron cuatro grietas paralelas de N.W. a S.E. que tenían al principio de 0.20 m. a 0.30 m. de ancho, pero posteriormente fueron cerrándose al impulso de los nuevos temblores. A causa de estas grietas los campamentos quedaron separados.

A poco de producirse el terremoto se desprendió de las grietas un fuerte olor a anhídrido sulfuroso y al día siguiente surgió de cierta parte de una de ellas agua sulfurosa y termal,

como la de los Baños de La Laja y del Salado que están al S.W. y E. de las canteras, respectivamente.

Las grietas son muy largas y como ya dijimos en número de cuatro, dispuestas paralelamente, de dirección N.W. a S.E. aproximadamente; pasaron por la cantera de travertina del señor Cappella y se prolongaron por las canteras de propiedad de la provincia de San Juan que tiene arrendadas a dicho señor.

En la cantera de travertina de Aust también han aparecido grietas, una de ellas, la más importante, tiene un rumbo N.N.W. a S.S.E. y pareciera proceder de la sierra de Villicum.

Algunas secciones de las canteras de La Laja se han hundido, pero los datos recogidos son imprecisos.

La parte W. de la región pleistocénica parece ser la más afectada y en su oportunidad describiremos los desperfectos producidos en Ullún.

Algunos observadores de Albardón refieren que alcanzaron a ver durante el sismo, como si la Cordillera de los Andes se desplomara. Lo que ha sucedido en verdad es el derrumbamiento del cerro Tambolaro, situado cerca de la ruta de San Juan a Calingasta, entre el kilómetro 71 a 74.

En el Portezuelo afloran sedimentos de Gondwana que son arcillas verdosas colocadas encima de las calizas ordovicianas. En la otra margen del río San Juan aparece el triásico representado por arcillas de color borra de vino y pardo rojizo.

En el camino de la Quebrada de Ullún que va de San Juan a Jachal, se han producido desplomamientos de los "Estratos Calchaqueños" y lo mismo ha ocurrido en la ruta de San Juan a Calingasta, donde el material de los derrumbes obstruyó el tráfico por bastante tiempo.

En la población de La Bebida los efectos del terremoto en los edificios no fueron muy acentuados, siendo menores que en Desamparados. Dicha población se levanta sobre gruesas capas de ripio y arena que son amortiguadoras de los movimientos. Toda la edificación es de adobe y ha caído el frente de las casas que miran al S. en la calle que corre de E. a W.

y los muros de los fondos que están al N.; en los edificios de las calles que corren de N. a S. la destrucción es mayor.

En el Marquesado se observa el derrumbe de los edificios de adobe, y también parte de la cárcel, no obstante estar construída con "piedra y cal".

Hacia el E. de la ciudad de San Juan los destrozos producidos por el terremoto son menores, pudiéndose apreciar la atenuación de los efectos a medida que nos dirigimos hacia el oriente, siendo nulos en las pequeñas poblaciones ubicadas al pie de la sierra Pie de Palo, que casualmente fueron las más afectadas en el sismo del 3 de julio de 1941.

En los pueblos de *Santa Lucía* y *Alto de Sierra*, ubicados al E. del centro de la ciudad de San Juan, la edificación presenta menos desperfectos. Algunas construcciones de la primera, como el templo departamental de Santa Lucía (Figs. 59 y 60), ubicado frente a la plaza de este mismo nombre, en las calles 6 de Septiembre y prolongación General Paz, se ha derrumbado la parte superior del campanario, por decapitación, debido a una grieta horizontal (Fig. 60, N° 1). Más abajo, en la base de las aberturas del campanario (N° 2) existe otra grieta horizontal que ha cortado completamente la torre y por último una tercera grieta horizontal separó la base de la torre del resto del edificio y juntamente con las 8 y 9, derribaron la parte superior del frente de la nave. Las otras grietas son verticales (N° 4), arriba de cada abertura del campanario y la N° 5 en la parte superior de una ventana; las demás se observan con inclinación de 45°, pasan por un lado (N° 6) de la abertura del campanario y al costado de una ventana (N° 7); pero las más importantes son las Nos. 8 y 9 que produjeron el derrumbe del techo de chapas de hierro galvanizado y que al cortarse entre sí formaron un ángulo de 90°.

En el edificio mencionado la torre es de ladrillo, en cambio son de adobe las paredes de la nave y el frente. Su techo es de chapas de hierro galvanizado dispuesto en dos aguas. La cumbrera que separa las dos pendientes se ha caído por derrumbe del frente, ocasionado éste, a su vez, por la grieta horizontal N° 3 y las dos con inclinación de 45° (Nos. 8 y 9).

Más al E. hállanse poblaciones como *San Martín* (antes Angaco Sud) y *Puntilla Blanca*, donde los efectos del sismo, en la edificación, incluso en la de adobe, están atenuados. No se notan en las casas grietas conjugadas, pero las hay verticales y otras con inclinación de 45°. También existen algunas construcciones derrumbadas.

Si nos dirigimos al S. E. de la ciudad de San Juan, se notan los estragos del movimiento en Trinidad, mucho menos evidentes en 9 de Julio, pero en la margen opuesta del río San Juan (izquierda), aparecen las poblaciones de Villa Independencia, Caucete y Colón, especialmente las dos últimas, con los efectos reavivados, para luego disminuir nuevamente en la estación Pie de Palo, en donde sus edificios ofrecen sólo algunas grietas. En el camino que une 9 de Julio con Villa Independencia hay grietas en su línea media y paralelas a las mismas a 300 m. al N.E. del puente sobre el río San Juan (Figura 104).

En *Villa Colón*, como en Caucete, las casas más deterioradas y derrumbadas son las que se hallan en las calles que corren de N. a S. y menos las de las de W. a E., igual a lo que se observa en las otras poblaciones, incluso en la ciudad de San Juan. El 85 % de las casas de adobe que componen estas dos poblaciones se ha destruído y derribado totalmente aquellas agrietadas en el terremoto del 3 de julio de 1941 y luego reparadas.

En la Escuela de Artes y Oficios de la Nación de Villa Colón se fisuraron todas las paredes y los techos; las grietas son horizontales, verticales y con 45 % de inclinación; además el edificio tiene una inclinación hacia el E. que es el efecto del empuje del W. (Fig. 22).

Después de esta breve reseña de los desperfectos producidos por el sismo, nos ocuparemos de los destrozos de mayor consideración que se observan en la ciudad de San Juan, propiamente dicha, en su barrio Concepción, en el puente y camino de Alto de Sierra a San Martín, en el camino y pueblo de Albardón y en Ullún.

El sistema de grietas producido en los edificios consiste en horizontales, verticales, inclinadas con 45° , simples y conjugadas. Además hubo corrimiento de muros, derrumbes de paredes, caídas de techo, desplazamiento de algunos monumentos, grietas en el suelo, hundimiento de éste, fijación de la onda superficial, etc.

Las fisuras horizontales se producen en los casos de fuertes sacudidas verticales ocasionadas por las ondas longitudinales. Se decapitan los edificios, especialmente las torres, y se caen las cornisas (Figs. 8, 16, 22, 36, 39, 51, 59, 60-65, 67, 87-89). Es decir, si la longitud de la pared coincide con la dirección de las ondas sísmicas, se originará este tipo de hendeduras.

Las lesiones son generalmente perpendiculares a los rayos sísmicos y por esta causa en los edificios que presentan sus paredes en el mismo plano que el azimut del choque sísmico, se producirán grietas en las partes más débiles de la construcción, como arriba de las aberturas, puertas, ventanas, etcétera. (Figs. 59, 60, 65, 67, 68, 79 y 80).

Por el contrario, las paredes orientadas en un plano perpendicular al azimut de la sacudida, se despegarán de las laterales produciéndose grietas verticales, y se derrumbaron hacia afuera. Si el muro es el frente del edificio los escombros caen a la calle y queda al descubierto el interior del mismo (Figs. 9, 24, 30, 46, 47, 48, 49 y 71).

Cuando contemporáneamente o instantes después del primer sismo se produce otra sacudida, también de gran intensidad, pero de dirección normal a la primera, caen el frente y los muros opuestos, los pisos y techos no tienen apoyo y se derrumban volteando las paredes laterales. El edificio es así un montón de escombros y quedan sólo en pie algunos muros laterales a manera de aguja (Figs. 9, 10, 12, 24, 30, 46-49).

Las grietas con inclinación de 45° , simples, ramificadas o conjugadas, frecuentes en las paredes de muchos edificios de la ciudad de San Juan, se han producido en los de ladrillo y siempre entre dos zonas débiles, como en las correspondientes a puertas, ventanas, balcones etc. (Figs. 23, 41, 41 a, 51, 53-56).

y 62-63). Se originan cuando el largo de la pared es normal a la dirección de la sacudida.

Por último, si el muro ofrece una posición oblicua con la dirección de las ondas sísmicas, ocurre que la cantidad de las hendeduras y sus direcciones obedecerán a la ley de la compensación y división de las fuerzas.

Los techos en bóveda resisten poco a los terremotos y ésto quedó evidenciado en la iglesia Catedral de San Juan (Fig. 70). Los otros formados por vigas resisten bien cuando éstas están empotradas o bien ancladas y por lo tanto adheridas a los muros del edificio, y no se desplazan en las oscilaciones de las paredes. Pero en San Juan las rústicas "varas" y los tirantes de álamo, apenas descortezados y sin labrar, únicamente posados sobre los muros, permitió que durante la oscilación, al resbalar las vigas, se corrieran los techos siguiendo la pendiente, desplomándose por la parte más alta. Algunas vigas se rasgaron longitudinalmente (Figs. 72 y 76). Además los techos, enormemente pesados, como los que se construyen en San Juan y ya descriptos en capítulo anterior, formados por varias capas de barro y paja (Figs. 9, 10, 12, 38, 42, 43, 46, 49, 52, 57 y 72), alcanzando en algunos casos espesores hasta de más de 0.50 m., tienen el grave inconveniente que ese mismo peso gravita sobre las paredes maestras, las que están construídas de adobe, que se destruye. También sucede que siendo tan pesados, esos techos desplazan más arriba el centro de gravedad del edificio y pierde así con mayor facilidad su equilibrio.

Las cornisas altas, pesadas y salientes, abundan en las construcciones de San Juan, como también los balcones cargados y fuera del plano del frente; todo ésto fué lo primero que se desprendió y en los edificios más sólidos, lo único.

El gran número de puertas, ventanas y balcones han debilitado los frentes de las casas facilitando su agrietamiento.

Por último, la altura, demasiado grande, de las habitaciones, atentó contra la buena estabilidad de las mismas.

La onda sísmica longitudinal ofrece dos componentes: la vertical que hace oscilar los edificios de abajo a arriba y la ho-

rizontal en sentido lateral o antero-posterior con respecto a un observador. Cuando la componente horizontal predomina en mucho a la vertical, los efectos del sismo son atenuados, pero cuando el predominio es de la componente vertical los destrozos son mayores. Esto último sucede en la zona epicentral y en sus proximidades. Puede ocurrir, sin embargo, que un epicentro inicial se desplace originándose epicentros secundarios.

Algunas de las paredes han sido embestidas en su pie por un sismo con rumbo normal al eje mayor del muro, derrumbándose aquéllas; mientras en otras el empuje se ha llevado a cabo con dirección paralela a las mismas y entonces éstas se agrietaron. Por lo general, en un terremoto, el movimiento cambia continuamente de dirección y las paredes trabajan al agrietamiento y derrumbe, predominando siempre uno de los dos modos.

Las partes terminales de los muros son relativamente libres y al trabajar al agrietamiento lo hacen a la compresión y extensión, separándose por las grietas inclinadas una porción de pared en forma de triángulo con un vértice abajo y la base arriba (Figs. 58a y 60, Iglesia Departamental de Santa Lucía). En otros casos, como en la Municipalidad de la ciudad de San Juan (Figs. 58b y 61), en las esquinas o ángulos diedros, las dos grietas separan en la parte superior del edificio un tetraedro de base superior que se desploma. No hemos observado ejemplos de derrumbe total de edificios restando en pie un tetraedro de base inferior, como se ha citado para otras ciudades en otros terremotos.

Grietas en el suelo y en el pavimento. — La onda sísmica produce en el suelo grietas casi siempre perpendiculares a la dirección del rayo sísmico y ellas se forman donde el suelo ofrece líneas de menor resistencia cuando la aceleración sísmica supera la fuerza de cohesión del terreno. Ellas se deben entonces a dos factores, aceleración sísmica y naturaleza del suelo.

Las grietas paralelas entre sí se producen en las crestas de la onda sísmica superficial cuando ella abre los estratos superficiales, originándose estas lesiones en el plano vertical.

Si las grietas se producen en las crestas de la onda sísmica, es fácil determinar la longitud de la misma.

Se dice con frecuencia que durante un terremoto las grietas se abren y se cierran, como lo observado en el sismo de Chillán-Concepción en Chile y según algunas versiones de testigos oculares que me lo refirieron, en las canteras de travertina de La Laja en San Juan. Las grietas se abren cuando por ellas pasa la cresta de una onda sísmica porque se produce un movimiento de separación en las charnelas, en cambio, hay compresión cuando pasa por ellas la fase opuesta de la onda, es decir la parte cóncava.

Onda gravífica. — En casos de terremotos violentos las ondas superficiales en la zona epicentral se hacen visibles.

En su génesis interviene la gravedad por lo que se denominan ondas gravíficas y cuyos efectos pueden observarse en el camino de hormigón existente entre el puente carretero sobre el río San Juan y San Martín (Figs. 96-98), en algunas calles de Albardón, donde el suelo se presenta ondulado y en los edificios (Figs. 99 y 100) y en las casas de Ullún (Fig. 111).

Estas ondas superficiales, no elásticas, quedan fijadas en el suelo y éste conserva, luego que la onda sísmica lo atravesó, la forma de la ondulación experimentada.

Los terrenos blandos y poco coherentes, como los limos sueltos, arenas, etc., favorecen la génesis de las ondas gravíficas.

En la llanura aluvional donde se levantaba la ciudad de San Juan y sus alrededores, hay un espeso manto de sedimentos poco coherentes, que actúan en determinados casos como amortiguadores de las ondas sísmicas, cuando no están embebidos de agua, pero cuando la capa es delgada como en otros lugares, los efectos son más violentos. En los terrenos poco compactos y húmedos la amplitud de la onda sísmica es mayor y por eso se producen con más facilidad las ondas gravíficas. Además, los terrenos poco coherentes transmiten las vibraciones con período desigual y estas perturbaciones son de consecuen-

cias perniciosas para la vibración de los edificios, donde se constatan mayores perjuicios.

Estas nociones generales son extensamente conocidas desde hace bastante tiempo, por los sismólogos italianos, norteamericanos y japoneses, que las han observado en los diferentes y frecuentes terremotos acontecidos en sus respectivos países.

Hemos realizado esta breve síntesis, porque de este modo encontrarán explicación, los lectores que no conozcan la bibliografía sísmica, de los hechos producidos en el terremoto de San Juan, puestos en evidencia en la documentación fotográfica que complementa esta publicación.

Efectos del sismo en la ciudad de San Juan. — En base a la documentación fotográfica por mí obtenida trataré esta parte, porque el número de días de que dispuse en mi visita a la ciudad era limitado y las dificultades de obtener un medio de movilidad por mayor tiempo no permitieron la prolongación de mi estada.

Se puede establecer, en general, que la edificación más afectada es la ubicada sobre las calles que llevan una dirección aproximadamente de N.E. a S.W. y de todas ellas la Tucumán impresiona por la mayor destrucción de sus edificios.

Las paredes de adobe se han rasgado muy poco porque se derrumbaron total o parcialmente, de acuerdo a las fisuras producidas. En los edificios de ladrillo las grietas predominantes son las verticales y especialmente las inclinadas 45° y de éstas las conjugadas entre dos aberturas, dos ventanas o dos puertas o una puerta y una ventana.

La Catedral (Figs. 65-71) construída en 1670, fué destruída en parte por el terremoto de 1894 y luego reparada. En el sismo del 15 de enero se derribó la sección posterior de la nave lateral donde estaba el sepulcro de los obispos. En esta parte predominan las grietas verticales. El techo de las naves era en bóveda, construído con ladrillo y cal y se ha caído toda la porción posterior, cumpliéndose fatalmente lo que la experiencia ha demostrado, la poca resistencia a los sismos de las construcciones en bóveda.

La fachada presentaba grietas horizontales que habían separado las dos torres y estaban desplazadas, por cuya causa debieron ser derribadas después para evitar el peligro que amenazaba a los transeuntes su caída. También existen fisuras horizontales en la separación de la planta baja del primer piso.

Las grietas verticales aparecen arriba del arco de los vanos y al lado de los mismos algunas con inclinación de 45°.

En el frente de la Catedral, durante el sismo, se cayeron de sus nichos los santos colocados en el lado izquierdo, quedando los de la derecha. El reloj, ubicado en la misma mano, destinado a señalar la hora oficial de la Municipalidad se detuvo a las 20 horas 53 minutos. El reloj de la izquierda que marca las 21 horas está sólo pintado por razones de simetría (Figs. 65 y 67).

Sobre la misma calle Mendoza y al lado de la Catedral existe el edificio del Obispado construido con ladrillo y no presenta desperfectos (Fig. 65), pero sobre Rivadavia y colindando con los fondos de la Catedral se levanta una casa (Fig. 48) también de ladrillo, cuyo frente se ha derrumbado hacia la calle dejando ver su interior.

Otros templos quedaron completamente destruidos, como la iglesia del barrio de Concepción (Figs. 72-76); su techo de cañizo y chapas de hierro galvanizado se desplomó al caer y disgregarse los muros que poseen espesores considerables (Fig. 74).

La iglesia de Santo Domingo (Figs. 79 y 80) ofrece en su fachada numerosas grietas verticales e inclinadas. La parte que figura sin revoque fué derribada por el terremoto de 1894 y después reconstruída. La sección más lesionada es esta última que se halla sobre la calle Rawson.

El edificio de la Municipalidad de San Juan (Fig. 61) tiene en su fachada numerosas grietas verticales y otras conjugadas con inclinación de 45°; en su cuerpo central y en la parte de arriba se ha desprendido un tetraedro de base superior (Fig. 57 b y 61).

La construcción más alta de la ciudad de San Juan que ocupa el teatro Estornell (Figs. 41 y 41a), ha sufrido lesiones

de consideración. Así, en su fachada, se aprecian varias grietas conjugadas y en el interior del edificio también numerosas grietas y algunas paredes derrumbadas.

Las casas de ladrillo (Figs. 4, 5, 8, 16, 36, 39, 40, 41, 50, 51, 53-56, 62 y 63), ofrecen sus cornisas derribadas por fisuras horizontales; destacándose también las grietas conjugadas entre los vanos (Figs. 41, 51, 53-56 y 61-63). Otras han perdido sus frentes, no sólo por los efectos de la vibración sino también por la mala calidad del ladrillo y de la argamasa que los unía (Fig. 48).

Por lo general, las casas de adobe se han derrumbado completamente (Figs. 43, 44 y 52) o han perdido sus frentes (Figs. 46 y 49); las que tenían sus fachadas refeccionadas con ladrillo y cal, quedaron éstas en pie, derrumbándose el resto del edificio, especialmente sus techos.

En el Estadio Municipal (Fig. 81) una grieta horizontal provocó el derrumbe de las dos torres laterales y posteriores. Esta misma fisura desprendió el alero construido de una loza de hormigón armado que al caer sobre las tribunas oficiales las destruyó. El edificio sufrió una desarticulación en su parte media debido a una grieta vertical.

Los destrozos que el sismo produjo en el cementerio local fueron también grandes. En la sección de los nichos, los ataúdes, al desplazarse dentro de aquéllos, empujaron el tabique que tapiaba la entrada, construido con ladrillos de canto, haciéndolo saltar y proyectándose los cajones al exterior y a cierta distancia, con tal violencia, que se rompieron saliéndose los cadáveres que fué necesario cremar (Fig. 83).

En general, a pesar que los panteones eran de ladrillo han experimentado los efectos del terremoto (Figs. 82, 84, 85 y 86). De uno de ellos (Figs. 84 y 85) se halla una parte enclavada en el subsuelo y la otra sobre el suelo, esta última revestida por planchas de mármol; las de la sección superior (terraza) demuestran un desplazamiento ondulatorio; las laterales, especialmente las de las esquinas (Fig. 85) tienen grietas inclinadas que permitirían el desprendimiento de un tetraedro de base superior y vértice inferior. Una verja de hie-

rro sostenida por nueve pilares contornea el mausoleo. Cada pilar está formado por cuatro partes, cada una de las cuales ha sufrido un desplazamiento (Fig. 84 a); el pilar S.E. (Nº 1) está inclinado hacia el S. y la parte superior desplazada al N.; en el situado al E. (Nº 2) la porción de arriba de la base se ha inclinado al N.; el del ángulo N.E. (Nº 3) (Figs. 84 a y 85 b II) tiene desplazadas las dos porciones superiores (c, d) y más aún la parte media (b). Al N. existían dos pilares por corresponder a la puerta de entrada del panteón, uno de ellos se ha desplomado quedando únicamente la base (Nº 4); la cúspide (d) del Nº 5 no se ha desplazado (Figs. 84a y 85a I) pero un poco al W. la parte siguiente (e), más aún la de más abajo (b) y por fin la base (a) ha quedado en su lugar; el Nº 6 se derrumbó íntegro; el Nº 7 no sufrió desperfecto; del Nº 8 sólo se desplazaron las dos porciones superiores al S. y al W. y del Nº 9 una parte se corrió al N. y otra al E.

Una pirámide de ladrillo de otro panteón (Figs. 87-89) presenta tres grietas horizontales y un pequeño desplazamiento de las dos partes superiores. Algunos autores han citado casos de desplazamiento más fuerte atribuyéndolo a un movimiento giratorio, cuya existencia es negada por otros. Según nuestra opinión, ese desplazamiento se debe, en realidad, a los efectos de dos vibraciones de diferente orientación y origen: al ser separadas las tres partes por las grietas horizontales ocasionadas por las ondas longitudinales, una vibración transversal ha hecho oscilar las porciones superiores. También puede ser el resultado de la acción de las componentes vertical y horizontal de una misma vibración, la longitudinal.

Algunas estatuas de los panteones del cementerio demuestran que durante el movimiento *subsultorio* han sufrido, primero un ascenso y luego un descenso, es decir fueron levantadas para luego quedar hundidas.

Desperfectos en el puente sobre el río San Juan cerca de Alto de Sierra, en el tramo de la carretera próximo a él y en el puente sobre el canal Caucete. — El puente viejo que conduce a Albardón está orientado de N.E. a S.W., es de hierro asentado sobre pilares de mampostería, lo mismo que sus es-

tribos (Fig. 90). La parte N. del estribo (Figs. 90-92) de la margen izquierda del río presenta una grieta vertical con un rechazo de E. a W.; arriba el desplazamiento es de 0m.20 y abajo de 0m.12. En el estribo S. la grieta ofrece menor desnivel y de menor importancia. El estribo de la margen derecha como el resto del puente no tiene ninguna lesión. Durante el sismo el puente ha oscilado teniendo el estribo S. como punto fijo y la mayor amplitud en el N. El empuje del W. primero y la sacudida brusca de réplica del E. dislocó el puente del estribó que osciló pero no pudo volver a su lugar y quedó desviado hacia el E. Los pilares de la mitad N. (izquierda) enclavados en el lecho del río, presentan también una pequeña inclinación al E.

En el camino que sale del puente hacia el N.E. y luego al N. en dirección a Albardón y la otra rama que se dirige hacia el E. a San Martín (antes Angaco S.), se aprecian grietamientos de importancia. Primero, a la salida inmediata del puente y hacia el N.E., a ambos lados de las lozas de hormigón y en el terraplén (Fig. 93), hay una grieta de dirección N.E. a S.W. de consideración, cuya abertura se puede estimar entre 0m.20 a 0m.30. Los postes del telégrafo aparecen unos derribados y otros inclinados hacia el E. El núcleo central del terraplén es más compacto, en cambio a los costados, se han podido separar más fácilmente los sedimentos cuando el terreno ha trabajado a la distensión al pasar la onda sísmica.

La porción del camino comprendida entre el puente sobre el río San Juan y el puente del canal Caucete (Figs. 96-98) ofrece una onda gravífica con movimientos diferenciales. Miradas las lozas del camino desde arriba (Figs. 96 y 97) se nota que una sección compuesta por cuatro pares se ha desplazado lateralmente al E., pero al mismo tiempo aparece marcada una onda gravífica (Fig. 98) cuya mitad de las lozas del E., debido a los movimientos diferenciales, forma la cresta de la onda constituyendo una superficie convexa; la otra mitad del W. es cóncava. En la separación de estas dos ondas y en la junta de dilatación del eje del camino se ha producido una grieta cuya dirección es N.E. 40° y el desnivel entre las dos

ondas es de 0m.30. La distancia entre dos crestas en una onda gravífica es de 60 m.

El puente sobre el canal Caucete (Fig. 94) presenta en sus estribos, contruídos de "piedra y cal" una grieta horizontal de consideración que separa la parte inferior del resto del puente. Es el efecto de las ondas longitudinales.

Otra porción del mismo camino (Fig. 95), comprendida entre el puente del canal Caucete y la separación de las rutas que conducen a Albardón y San Martín, presenta grietas transversales (Figs. 95 A-D), una (C), marca un desnivel de 0m.20 estando la parte hundida hacia el S. y la elevada al N.; una segunda grieta más pequeña (D) es sin desnivel.

También se notan grietas longitudinales en otros caminos de la región, al S. E. de la ciudad de San Juan cerca del puente sobre el río de este nombre y próximo a la villa Nueve de Julio (Fig. 104).

Efectos del sismo en Albardón. — Los destrozos producidos por el terremoto son más evidentes en Albardón donde se destacan por su mayor intensidad y calidad. Aparte del agrietamiento de las paredes y derrumbes, existen otras lesiones en el suelo que describiremos.

Se puede decir que el sismo ha sido más violento en Albardón que en el centro de la ciudad de San Juan, lo atestigua la destrucción hasta de las casas de ladrillo y cal con techos de chapas de hierro galvanizado, como la Biblioteca San Martín de Albardón (Fig. 24), situada en una esquina y frente a la plaza.

Desde que se penetra al pueblo de Albardón por el S. se nota la ondulación de sus calles de N. a S., es decir que en ellas se han fijado las ondas superficiales (ondas gravíficas) (Fig. 99); este hecho es más evidente en las veredas de las calles y más aún en los zócalos de los frentes de las casas en los que se aprecian claramente las partes convexas y cóncavas. En la calle Las Lajas, especialmente en la esquina formada por esta última y la Buenos Aires, existe un edificio donde la onda gravífica, visible en la unión de la superficie del suelo con las

paredes del frente, tiene una longitud de 15 m. y una amplitud aproximada de 0,50 m., siendo mayor ésta en algunas partes.

En el mismo edificio, en la bodega, el techo de la cisterna se había levantado unos 0,50 m. (Fig. 100) por efectos de la onda superficial que empujó hacia arriba el techo del zócano e hizo descender las paredes que se muestran hundidas. Además, en el edificio, existen grietas casi verticales y otras con inclinación de 45°. En el suelo del patio se han abierto fisuras de donde surgieron durante un tiempo pequeños chorros de agua que llamaron la atención de los pobladores, quienes creían estar encima de un volcán; el pánico fué así mayor pues esperaban de un momento a otro la erupción del mismo.

Es frecuente en los sismos violentos que producen rasgaduras en el suelo, observar que las sacudidas elevan el agua subterránea permitiendo su salida a la superficie con cierta surgencia, arrastrando el limo de los terrenos que ha encontrado a su paso y al mismo tiempo constituyendo pequeños cráteres de limo.

Este fenómeno se ha observado con frecuencia en el suelo de varias casas de Albardón y sus pobladores le asignaron una importancia excepcional.

En la región de La Laja, dada sus condiciones especiales, estos manantiales abiertos ocasionalmente, son de agua sulfurosa que existe en el subsuelo y ello no permite suponer, como lo imagina la creencia popular, que se debe a fenómenos volcánicos.

El espanto producido por el terremoto forjó en la imaginación popular un sinnúmero de teorías acerca de las causas del sismo y la misma ignorancia los hizo ver fenómenos no producidos. Sostienen con tal ardor y tesón sus ideas que inspiran más bien compasión. Al exponer cada uno su situación aumenta el valor de los efectos del temblor, colocándose en posición más castigada a fin de que el "comando", como dicen ellos, lo beneficie más que a su vecino en el reparto de las colectas.

Los niños son los que han quedado más impresionados, con una hipersensibilidad a los temblores tan manifiesta que al sen-

tir los sucesivos movimientos disparan despavoridos a los patios de las casas o a la calle.

Las lesiones que he encontrado en el suelo de diferentes patios consisten en numerosas grietas (Figs. 101-103), que aún después de transcurrido un mes de su producción, han quedado abiertas; en cambio las de las calles y caminos se cerraron quedando sólo en algunas desniveles.

En la casa de Félix Herrero (Figs. 101 y 102), aparecen en el patio y ~~viendo~~ diaclasas paralelas que corren de W. a E., con un ancho de 0,15 m. y que prosiguen en las cisternas de la bodega. En las piletas de decantación (Fig. 102) de la misma casa estas grietas continúan verticalmente y se puede apreciar allí el rechazo.

En Albardón se repite el fenómeno observado en Concepción y en la parte central de la ciudad de San Juan. En la población citada primero, las casas y galpones orientados de E. a W. presentan menos desperfectos que los de N. a S.

A 15 kilómetros al S. de los Baños de La Laja y dentro de la población de Albardón, en la calle Nacional, en la casa de Argentina Ayala, se han producido fisuras en el piso de las piezas que era de tierra y en una de las habitaciones surgió agua que arrastraba gran cantidad de limo, y como la grieta atravesaba un pozo ciego, el agua del manantial tomaba el olor de este último lo que permitió a la imaginación de los habitantes suponer se trataba de agua sulfurosa y por consiguiente estar encima de un volcán.

Estas son las principales lesiones que he observado en mi rápida visita a Albardón, cuyo suelo está constituido por una espesa capa de limos depositada por el río San Juan en sus antiguas divagaciones y que por efectos de la irrigación se encuentra embebida con agua.

Lesiones producidas por el sismo en Ullún. — Después de pasar revista a los efectos que ocasionó el terremoto en las poblaciones y lugares del N., E. y S. de San Juan, nos dirigimos al W., a la Quebrada de Zonda, camino a Calingasta, Quebrada de Ullún, pueblo de Ullún y camino a Jachal por el Valle de Matagusanos.

Ya nos ocupamos de la Quebrada de Zonda y del camino a Calingasta, ahora sólo nos detendremos en los desperfectos producidos en Ullún. En el camino que bordea el río San Juan en la Quebrada de Ullún, se originaron numerosos derrumbes de bloques de areniscas pliocénicas (Estratos Calchaqueños) que han obstruido el camino, fenómeno que siguió produciéndose en los continuos temblores que se sucedieron después del 15 de enero.

Antes de llegar al viñedo de Graffigna aparece un campo surcado por grietas paralelas, en una extensión de 150 metros de W. a E. En esa zona el camino ha descendido 0,50 m. y presenta un desplazamiento hacia el S. en la parte del recorrido con dirección naciente a poniente. Más al norte, en otra porción del camino, lo encontramos seccionado por grietas en dirección N. E. a S. W. (Fig. 108) y con desplazamiento de los trozos hacia el S. W. El ancho de las fisuras es de 0,60 m.

En el viñedo se puede apreciar una zona de hundimiento en plano inclinado, teniendo un máximo de 1,50 m. (Fig. 117), descenso que también es evidente en la quinta de árboles frutales (Fig. 116). Es la única región que ofrece fenómenos de descenso y que se acentúan cada vez más hacia el E.

Las diaclasas en Ullún son muy numerosas, más que en Albardón, acompañadas con fenómenos de descenso en muchos casos.

En la casa de la señora Nieves C. de González, en el patio frontal, se muestran numerosas grietas (Figs. 109-111) paralelas, de dirección aproximada N. W. 30° y continúan con recorrido vertical en el edificio para atravesarlo y seguir en el patio interno (Fig. 112). En el zócalo se advierte en la pared del E. (Figs. 110 y 111) una onda gravífica, como las ya descritas. Este edificio no presenta grietas horizontales ni se han derribado las cornisas, tampoco hay conjugadas.

En la bodega de Graffigna, en el portón de entrada (Fig. 115), uno de los pilares tiene una grieta vertical y en ángulo recto otra horizontal, mostrando al mismo tiempo un desplazamiento al W.

Las piezas que componen el edificio con paredes orientadas de N. W. a S. E. ofrecen dos grietas, una horizontal y otra vertical, que se cortan casi en ángulo recto (Fig. 113). En la esquina y en su parte superior, dos fisuras inclinadas tienden a desprender un tetraedro. Las paredes que miran al S. E. se han derrumbado (Fig. 114) cayéndose algunos techos.

Fuera de la zona pleistocénica se conocen algunos desperfectos en casas de varias pequeñas poblaciones, como la de Huaco, pero no se tiene una estadística completa de los daños causados por el terremoto en toda la extensión de la provincia, ni se han registrado apreciaciones personales, como lo hacía Loos después de cada sismo.

Mecanismo del terremoto. — Al W. de la llanura de San Juan se levanta el orogeno andino y entre éste y aquella una zona fuertemente fracturada, la Precordillera de San Juan y Mendoza.

En el orogeno andino no se ha terminado el proceso que se iniciara a fines del mesozoico y que durante todo el terciario diera nacimiento a la Cordillera de los Andes, movimientos que se continuaron en el cuaternario. Es allí un receptáculo de energía acumulada, de donde se inician empujes hacia el E. y W. y se transforma en energía cinética. Esta presión constante hacia el E., en zonas poco estables, disloca los bloques y provoca una trepidación que se trasmite a través de las rocas y se reactiva a lo largo de las fallas. Los valles en bolsones de Uspallata, Calingasta, Iglesia, Rodeo, del río Blanco, Zonda-Ullún, Matagusanos, etc., sobrecargados constantemente de sedimentos, tienden a hundirse, mientras se elevan los cordones por movimientos diferenciales.

La arquitectura fracturada de la zona de la Precordillera, propensa a que se exageren las dislocaciones en los empujes tangenciales, coloca a esta región entre las zonas sísmicas. Debajo de la llanura donde se levantaba la ciudad de San Juan se halla la intersección de la región citada y la de las Sierras Pampeanas, más estable; pero este contacto de rocas diferentes está también señalado por fallas longitudinales cubiertas por un espeso manto de rodados, arenas y limos. Esta constitución

y estructura tectónica permite la reactivación de las vibraciones.

Los bloques de la Precordillera de San Juan y Mendoza, como ya lo dijimos, por la dirección de W. a E. de incidencia del movimiento, fueron empujados hacia el naciente, propagándose el sismo con ese rumbo; pero la región del W. de la zona pleistósista que recibió el choque sísmico, experimentó su consiguiente dislocación en los bloques, dando nacimiento al foco o hipocentro principal del terremoto, en cuyo epicentro situado al N. W. de la ciudad de San Juan se notan mayor número de grietas en el suelo, fenómenos de hundimiento, desplomamiento de cerros, etc., como en Ullún y sus alrededores, cerro Tambolaro, etc.

Tratándose de un terremoto de origen tectónico, el foco sísmico o hipocentro se ha situado al N. W. en una falla debajo de la zona pleistósista, que a su vez ésta localiza varios epicentros secundarios lineales, como el producido a lo largo de una fractura longitudinal de rumbo N. N. E. que corta la ciudad de San Juan y continúa al N. por Concepción, Albardón y canteras de La Laja. La profundidad del foco no pasa de 15 Km. de la superficie, como lo demuestra la violencia del sismo, en una región reducida y su corta duración.

Debido al impulso inicial el último bloque chocó en el tórmo antiguo de Pie de Palo, que obrando como escollera detuvo las ondas sísmicas y provocó al mismo tiempo un movimiento de "rebote elástico" que produjo una brusca sacudida ocasionando grietas con rechazo en algunas construcciones. La región situada al E. de la falla longitudinal arriba citada experimentó un desplazamiento hacia el W. de 0,30 a 0,35 m. Por las causas anotadas anteriormente la región situada al E. del escudo de Pie de Palo no ha recibido ondas sísmicas (*sombra sísmica*) y en la región donde no fué detenido el empuje por la misma sierra, las llanuras amortiguaron las vibraciones. Las pizarras cristalinas actúan como acumuladores sísmicos, mientras los macizos graníticos detienen las ondas sísmicas. Cuando éstas en su trayecto encuentran fallas longitudinales y las cortan normalmente, se propagan a lo largo de ellas originándose un

movimiento *subsultorio* que dió nacimiento a una onda superficial de N. a S. En cambio, cuando las ondas alcanzan fallas con un ángulo que no es el recto, la vibración es detenida o amortiguados sus efectos.

A su vez, en el caso que la vibración penetre por una falla transversal, la propagación a través de ella dura más tiempo y aumenta la amplitud y la frecuencia de aquélla.

Consideramos que la producción del “rebote elástico” es la causa por la cual los observatorios, Meteorológico de Villa Ortúzar y Central de Buenos Aires, han situado el epicentro al S. E. de la provincia de San Juan.

La intensidad del sismo de San Juan puede considerarse, de acuerdo a la escala de 12 términos, propuesta por Mercalli y Cancani, modificada por Sieberg y Vinassa, y teniendo en cuenta sus efectos, comprendida entre los grados 8 y 9. Olsacher asignó el grado 9 al terremoto de Sampacho.

Las condiciones de propagación en la llanura de San Juan del terremoto del 15 de enero, recuerda también a las de los sismos del 17 de diciembre de 1920, produciendo catástrofes en Costa de Araujo, Lavalle, La Central, Tres Porteñas, etc. Durante ese terremoto en la llanura mendocina, las líneas de propagación fueron las prolongaciones de las grandes fallas transversales de la Precordillera, que sirvieron de conductoras del movimiento de W. a E. Por esta causa Loos les denominó *líneas sísmicas*. Estas fallas se cruzan con las longitudinales con rumbo N. a S. y dividen el subsuelo mendocino como el sanjuanino en paralelepípedos.

El terremoto del 15 de enero, en su propagación por la llanura de San Juan, recuerda también el caso de 1894. Seguramente, después del sismo del corriente año, pasarán varios hasta que se produzca otro semejante. Han transcurrido 50 años entre los dos sismos ya citados y durante este tiempo no se trató de proporcionar a la ciudad de San Juan una construcción adecuada para su resistencia a nuevos terremotos, dado que es una región sísmica.

Creemos que después de esta segunda dolorosa experiencia se reedificará la nueva ciudad de acuerdo a los adelantos mo-

dermos de las construcciones antisísmicas, que ya poseen las ciudades de otras naciones que tienen las características sísmicas de las nuestras.

Los sismos posteriores al del 15 de enero, que se sienten casi diariamente en la ciudad de San Juan y sus alrededores y que se repetirán todavía durante mucho tiempo, son debidos a movimientos de asentamiento del hipocentro principal o de los secundarios. En mi estada en aquella ciudad no he podido determinar la dirección de estos terremotos y no conozco hasta ahora si ha sido señalada por algunos autores.

La repetición de sismos menores durante varios meses, después de producido uno catastrófico, es frecuente en la historia de los terremotos de la Tierra. Sin embargo, a pesar que ellos siempre se producen, hay quienes por destacarse de sus semejantes exponiendo dotes sobresalientes tratan de predecir nuevos sismos en base a teorías sobre manchas solares.

Además de los inconvenientes que he destacado en la introducción, se añade el de la premura con que fué solicitado este trabajo que no me ha permitido prolongar mi estada en San Juan para extender la zona de mis observaciones. Tampoco he dispuesto del tiempo indispensable para su redacción y compulsa bibliográfica necesaria, con el agregado que en esta ciudad se carece de una biblioteca científica como la que existen en los museos de Ciencias Naturales, Observatorios, Dirección de Minas, etc., de Buenos Aires y de La Plata.

NECESIDAD DE LA ENSEÑANZA DE LA EDILICIA SISMICA A LOS ESTUDIANTES DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Cada vez que acontece un hecho de importancia trascendental con consecuencias traducidas en perjuicios considerables, el hombre, cuyo espíritu ha sido agitado por la magnitud del fenómeno y arrastrado por los actos emotivos de la multitud, imagina proyectos para el futuro con el manifiesto deseo de aportar conocimientos y medidas que eviten la producción de tales desastres. Abunda en estos casos la precipitación de opiniones que se hacen públicas o se discuten en privado; las promesas se multiplican, pero desgraciadamente, con el andar del tiempo se va atenuando ese derroche de energía sentimental, hasta desaparecer por completo. Las medidas y precauciones no se tendrían en cuenta, o quizás se tomarán en muy pequeña escala, las promesas quien sabe se cumplan y el recuerdo de la catástrofe se habrá disipado. Vuelven, en una palabra, a cometerse los mismos errores y así continúa sin interrupción el ciclo de los sucesos humanos.

Cuando se produjo el terremoto que destruyó por completo la ciudad de Mendoza, el 20 de marzo de 1861, la opinión pública se agitó en las mismas condiciones, con iguales efectos, que en la actualidad. El tiempo fué haciendo olvidar las imágenes de la catástrofe y la nueva ciudad de Mendoza fué edificada en otro lugar, igualmente peligroso, con una construcción igualmente pésima, la de adobe.

Hasta las facultades de Ingeniería y Arquitectura del país no llegó la necesidad inmediata de informar a los estudiantes acerca de las construcciones antisísmicas, no apareciendo, por

lo tanto, en ningún programa, algún tópico de las materias correspondientes que trate ese asunto.

Años después, en 1894, un nuevo terremoto destruyó la antigua ciudad de San Juan, agitándose otra vez la opinión pública, los gobernantes gestaron halagadoras promesas para los damnificados, pero San Juan fué reedificada un poco más al sud que la actual ciudad, con los materiales y el tipo de construcción igualmente inestables. La edificación de adobe y los techos de barro y paja componen el 90 % de las casas de familia; calles estrechas completan este plan de urbanización totalmente contrario al que debe implantarse en una región sísmica como la de San Juan.

Tampoco el problema que antecede llamó la atención de los universitarios y no se implantó en la enseñanza de la ingeniería y arquitectura el desarrollo de ningún tema que se refiera a este particular.

En 1934 un nuevo terremoto azotó una localidad de Córdoba, Sampacho, pero como se trataba de una población pequeña no llamó mayormente la atención y llegamos así al sismo que nos ocupa que provocó en el pueblo argentino una intensa agitación. En mi opinión, temo que estos espasmos se borren con el tiempo y que San Juan vuelva a ser reedificada en las mismas condiciones en que se encontraba antes de la catástrofe de enero.

Los ingenieros y arquitectos argentinos se han visto, seguramente, sorprendidos ante un problema que en sus estudios universitarios ni siquiera estaban planteados. No conocían tampoco la experiencia de otros países, ignorando en su mayoría la extensa bibliografía sísmica que abarca diferentes puntos de vista.

Es indudable que tal desorientación no existiría si en las aulas universitarias hubieran escuchado por lo menos la exposición de algunos de los numerosos problemas que plantea y debe resolver la edificación sísmica y sus modificaciones locales o regionales, en lo que respecta al espíritu y costumbres que anima a los habitantes, al clima y suelo de la región y a las actividades comerciales e industriales de la ciudad reedificada. Todo ésto es indispensable tener en cuenta para la próxima reedificación

de la ciudad de San Juan, sin olvidar empero su posición geográfica y la existencia del río San Juan cuyo trabajo preocupa y preocupará a los ingenieros, por las divagaciones que realiza, las inundaciones, aluvionamiento, etc.

Si se desea resolver con seriedad y alto espíritu científico el problema de la reedificación de San Juan, se deben estudiar a fondo las cuestiones de diferente índole que plantea la edificación y como ello demandará algún tiempo, a fin de evitar improvisaciones y en especial precipitaciones con fines especulativos o de propaganda, a mi criterio, debe construirse primero una ciudad de emergencia, con casas de madera, para lo que podrían aprovecharse por ejemplo los bosques de Patagonia. De este modo habrá tiempo suficiente para la demolición total de los restos de la ciudad actual, la extracción de sus escombros, el nuevo trazado y la edificación antisísmica.

Resueltos los problemas inmediatos mediante la construcción de una ciudad de emergencia, se podrá reconstruir San Juan, no sólo teniendo en cuenta los problemas de ingeniería y arquitectura, sino la financiación de esta obra que debe ser dirigida y ejecutada por el gobierno nacional, para que se implanten todas las medidas requeridas por la estabilidad de la edificación del futuro.

Se evitará así la especulación de muchos profesionales que aprovechando el momento desarrollarían sus actividades con fines lucrativos, escapando, muchas veces, al control que debe ser inquebrantable.

Creo que la ubicación de la nueva ciudad no debe desplazarse del lugar donde actualmente existen sus ruinas, pues toda esa zona de San Juan y sus alrededores y todos los valles y llanuras intermontanas, se hallan en las mismas condiciones de sismicidad. San Juan no se hubiese destruido con este terremoto si los materiales empleados en sus construcciones hubiesen sido de buena calidad y apropiados para el caso. Creemos que reedificada en el mismo lugar, con construcciones antisísmicas, amplias calles y numerosos paseos y parques, por más fuertes que sean los terremotos, los efectos no serán catastróficos. Deben

abolirse completamente las construcciones en adobe y mampostería y reemplazarlas por el hormigón armado.

Después de los terremotos de Messina, San Francisco, Concepción, Valparaíso, Talcahuano, etc., etc., a pesar de la destrucción de estos lugares y el número de víctimas producido, mucho más que en San Juan, las ciudades se reedificaron en los mismos lugares.

A fin de dar a las calles la amplitud que corresponde a las de una ciudad sísmica, pueden reducirse las manzanas, tomando de cada lado los metros necesarios, transformando aquellas en bulevares, para dejar siempre en el eje una zona que no alcancen los escombros en caso del derrumbe de los edificios.

Toda la red de cables eléctricos y telefónicos debe ser eliminada de su trayecto aéreo y convertirla en líneas subterráneas lo que preservaría de los peligros consiguientes.

Deben evitarse las esquinas en las nuevas manzanas, redondeándolas y si se trata de habitaciones paralelepípedicas, no aconsejables en estos casos, conviene para asegurar su estabilidad que uno de los planos diagonales coincida con la dirección preestablecida en terremotos anteriores al choque sísmico. Las habitaciones serán cilíndricas y la distribución de las casas se hará de acuerdo a esta forma. Habría que buscar, entonces, de encarar con este criterio la arquitectura que deberá darse a la nueva ciudad y ser este un tema a desarrollar en las escuelas de arquitectura, para tenerlo en cuenta también en otras ciudades como Mendoza, San Rafael, Jachal, etc., que tarde o temprano pagarán de nuevo su tributo a los sismos.

Como en el suelo donde se levanta la actual ciudad de San Juan, hay una espesa capa de terrenos blandos, los cimientos de las construcciones no serían suficientes pues no podrían llegar a tocar las rocas consolidadas que están muy abajo; entonces sería necesario elevar los muros sobre planchas de hormigón armado construídos a poca profundidad. Otros aconsejan levantar todo el edificio encima de una losa de hormigón armado la que va posada sobre el suelo y por lo tanto el edificio despegado, a fin de que éste oscile independientemente de aquél.

Por último, es de imperiosa necesidad confeccionar un código edilicio antisísmico e implantarlo con todo rigor en las regiones sísmicas, empezando con San Juan para su reconstrucción y continuando su empleo en la de futuras ciudades, como la de Mendoza, etc.

Después de la experiencia proporcionada por el sismo de San Juan, debe preocuparnos la enseñanza de la sismología, no sólo del punto de vista de la ciencia en sí, sino de la geología y principalmente de la edilia sismica.

He creído que al frente de mi cátedra de Fisiografía, es necesaria la implantación de estos estudios y en mi programa existe desde hace tiempo un capítulo dedicado a ellos, pero nunca fué posible su intensificación por la crítica de estudiantes y algunos profesores que consideraban temas sin ninguna aplicación. Es indispensable reconocer que no basta implantar e intensificar estos estudios en una cátedra de Fisiografía o de Geología, para conseguir todo el objetivo deseado, sino también su inclusión en las materias profesionales, donde el ingeniero o arquitecto adquiere los conocimientos complementarios y de aplicación.

Creemos firmemente que los ingenieros y arquitectos que hayan adquirido a través de las aulas universitarias las bases para las construcciones de ciudades antisísmicas, impedirán, al frente de reparticiones públicas, ya nacionales, provinciales o municipales, que se cometan los grandes errores en que se fundaron las ciudades de San Juan, Mendoza, etc. A su vez, los profesionales aconsejarán a sus clientes las construcciones antisísmicas, creándose así una conciencia individual y colectiva para la realización de edificios antisísmicos en zonas sísmicas.

Esta obra de largo alcance, de positivo mérito y de consecuencias tranquilizadoras para el futuro, está destinada a ejecutarse con la enseñanza de la edilia sismica en las escuelas de ingeniería y arquitectura de las universidades del país.

Rosario, marzo 13 de 1944.

Alfredo Castellanos.

BIBLIOGRAFIA

- Alascio Blas V.** — "Observaciones geológicas en el Cerro Valdivia". *Boletín de Informaciones Petroleras*, año XVIII, N° 198, págs. 12-37. Buenos Aires, febrero 1941.
- Alfano Giov. Batt.** — "Sismología Moderna". Milano, 1910.
- Bodenbender Guillermo** — "El terremoto argentino del 27 de octubre de 1894". *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba*, t. XIV, págs. 293-329. Buenos Aires, 1894.
- Bodenbender Guillermo** — "Contribución al conocimiento de la Precordillera de San Juan, de Mendoza y de las sierras centrales de la República Argentina". *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba*, t. XVII, págs. 203-261. Buenos Aires, 1902.
- Cantoni Angel y Caputo Leopoldo** — "Estudio sobre los fenómenos sísmicos ocurridos en los departamentos de Albardón, Angaco Sud y Angaco Norte (provincia de San Juan) el 27 de octubre de 1894". *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, vol. XXXVIII, págs. 223-230. Buenos Aires, 1894.
- Cappelletti Martín S.** — "El terremoto de Sampacho. Sugestiones prácticas para construir en las zonas afectadas por los temblores". *Revista del Museo Provincial de Ciencias Naturales*, N° 1, págs. 69-74. Córdoba, julio de 1935.
- Fossa-Mancini Enrique** — "Fallas actualmente activas en la Sierra del Morado (Provincia de San Juan)". *Boletín de Informaciones Petroleras*, año XIII, N° 141, págs. 65-138. Buenos Aires, 1936.
- Fossa-Mancini Enrique** — "Terremotos y Yacimientos de Petróleo". *Boletín de Informaciones Petroleras*, año XVI, N° 176, págs. 23-60. Buenos Aires, 1939.
- Fossa-Mancini Enrique** — "Vistas aéreas, fallas activas y temblores mendocinos". *Boletín de Informaciones Petroleras*, año XVI, N° 179, páginas 45-78. Buenos Aires, 1939.
- Gershánik Simón** — "Resultados sismométricos del año 1934". *Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata. Serie Geofísica*, t. VI, N° 2, págs. 1-111. La Plata, 1937.
- Gershánik Simón** — "Resultados sismométricos del año 1934". *Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata. Serie Geofísica*, t. VI, N° 3, págs. 1-173. La Plata, 1941.
- Gómez de Terán L.** — "Conferencia sobre el terremoto del 27 de octubre de 1894". *Boletín del Instituto Geográfico Argentino*, págs. 17-36. Buenos Aires, 1895.

- Groeber Pablo — "Informe sobre las condiciones geológicas reinantes en la región del proyectado dique, en la Quebrada de Ullún (Provincia de San Juan)". **Publicación N° 25 de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología del Ministerio de Agricultura**. Buenos Aires, 1926.
- Hartmann Juan — "Reorganización del servicio sísmico y observaciones de los años 1922-1924". **Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata**, t. I, págs. 1-126. La Plata, 1927.
- Harrington Horacio J. y Leanza Armando F. — "Paleontología del Paleozoico inferior de la Argentina. 1. Las faunas del Cámbrico medio de San Juan". **Revista del Museo de La Plata (Nueva serie)**, t. II, Sección Paleontología, págs. 207-223. La Plata, 1943.
- Keidel Juan — "Observaciones geológicas en la Precordillera de San Juan y Mendoza. La estratigrafía y la tectónica de los sedimentos paleozoicos en la parte norte, entre el río Jachal y el río San Juan". **Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación, Sección Geología, Mineralogía y Minería**, t. XV, N° 2. Buenos Aires, 1921.
- Loos P. A. — "Principales fenómenos originados por los terremotos y manera de observarlos. Instrucciones de la Estación Central Seismológica de Estrasburgo. Traducidas y adaptadas para la República Argentina por la División de Minas, Geología e Hidrología del Ministerio de Agricultura". **Boletín del Ministerio de Agricultura de la Nación**. Buenos Aires, 1908.
- Loos Pablo A. — "Estudios de seismología. Los movimientos sísmicos de Mendoza". **Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minas**, t. III, N° 1. Buenos Aires, 1907.
- Loos Pablo A. — "Los terremotos del 17 de diciembre de 1920 en Costa de Araujo, Layalle, La Central, Tres Portañas, etc.". **Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata. Contribuciones Geofísicas**, t. I, N° 2, págs. 129-158. La Plata, 1926.
- Loos Pablo A. — "El terremoto argentino-chileno del 14 de abril de 1927". **Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata. Contribuciones Geofísicas**, t. II N° 2, págs. 67-106. La Plata, 1928.
- Lúnkenheimer Federico — "Resultados sismométricos de los años 1907 a 1922". **Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata. Contribuciones Geofísicas**, t. I, N° 3, págs. 159-214. La Plata, 1927.
- Lúnkenheimer Federico — "Resultados sismométricos del año 1925". **Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata. Contribuciones Geofísicas**, t. II, N° 1, págs. 1-64. La Plata, 1927.
- Lúnkenheimer Federico — "Resultados sismométricos del año 1926". **Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata. Contribuciones Geofísicas**, t. III, N° 1, págs. 1-84. La Plata, 1929.
- Lúnkenheimer Federico — "Resultados sismométricos del año 1927". **Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata. Contribuciones Geofísicas**, t. III, N° 3, págs. 157-238. La Plata, 1931.
- Lúnkenheimer Federico — "Resultados sismométricos del año 1928". **Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata. Contribuciones Geofísicas**, t. IV, N° 1, págs. 1-92. La Plata, 1933.

- Lúnkenheimer Federico — "Resultados sismométricos del año 1929". Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata. Contribuciones Geofísicas, t. IV, Nº 4, págs. 113-195. La Plata, 1934.
- Lúnkenheimer Federico — "Resultados sismométricos del año 1930". Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata. Contribuciones Geofísicas, t. V, Nº 1, págs. 1-59. La Plata, 1936.
- Lúnkenheimer Federico — "Resultados sismométricos del año 1931". Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata. Contribuciones Geofísicas, t. V, Nº 3, págs. 1-148. La Plata, 1936.
- Lúnkenheimer Federico — "Resultados sismométricos del año 1932". Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata. Contribuciones Geofísicas, t. V, Nº 4, págs. 1-204. La Plata, 1937.
- Lúnkenheimer Federico — "Resultados sismométricos del año 1933". Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata. Contribuciones Geofísicas, t. VI, Nº 1, págs. 1-50. La Plata, 1937.
- Montessus de Ballore — "La Science Séismologique. Les tremblements de terre". París.
- Montessus de Ballore — "La Géographie Séismologique. Les tremblements de terre". París.
- Montessus de Ballore — "La Géologie Sismologique. Les tremblements de terre". París, 1924.
- Montessus de Ballore — "La Sismologie moderne". París.
- Olsacher Juan — "El terremoto de Sampacho (Provincia de Córdoba) (10 y 11 de junio de 1934)". Revista del Museo Provincial de Ciencias Naturales, Nº I, págs. 52-68. Córdoba, julio de 1935. Publicaciones de la Asociación Cultural de Conferencias de Rosario, 1935.
- Sieberg A. — "Methoden der Erbebenforschung" en Keilhack Konrad, "Lehrbuch der Praktischen Geologie", Sección D, t. II, págs. 1-65. Stuttgart, 1922.
- Stegmann A. — "Reconocimiento general de la zona de la línea de Pie de Palo a Mendoza". Boletín de Obras Públicas de la República Argentina, Nº 19, págs. 1055-1072. Buenos Aires, 1935.
- Storni Carlos D. — "El agua subterránea en la región sudeste de San Juan". Segunda Reunión de Ciencias Naturales, Mendoza. Secciones Geología y Paleontología. Physis. Revista de la Sociedad Argentina de Ciencias Naturales, t. XIV, págs. 97-113. Buenos Aires, 1939.
- Stappenbeck Ricardo — "La Precordillera de San Juan y Mendoza". Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minas, t. IV, Nº 3. Buenos Aires, 1910.
- Stappenbeck Ricardo — "El agua subterránea al pie de la Cordillera Mendocina y Sanjuanina". Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minas, t. VIII, Nº 5. Buenos Aires, 1913.
- Stappenbeck Ricardo — "Geologie und Grundwasserkunde der Pampa". Stuttgart, 1926.
- Stelzner Alfredo — "Contribuciones a la Geología de la República Argentina con la parte limítrofe de los Andes Chilenos entre los 32º y 33º S." Traducido del alemán por Guillermo Bodenbender. Actas de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba, t. VIII, entras. 1a y 2a. Córdoba, 1923-24.

- Stieglitz Otto** — "Contribución a la petrografía de la Precordillera y del Pie de Palo". Boletín N° 10 de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, del Ministerio de Agricultura de la Nación. Serie B (Geología). Buenos Aires, 1914.
- Tapia Augusto** — "Condiciones geológicas de la quebrada de Ullún en relación con un dique de embalse (San Juan)". Publicación N° 26 de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología del Ministerio de Agricultura de la Nación. Buenos Aires, 1926.
- Tapia Augusto y Rigal Remigio** — "Lugar favorable para el empotramiento de un dique de embalse en el curso superior del río San Juan "Las Juntas". Boletín N° 35 de la Dirección de Minas y Geología del Ministerio de Agricultura de la Nación. Buenos Aires, 1933.
- Vinassa de Regny P.** — "La Terra". Turín, 1933.

I N D I C E

Introducción	Pág. 5
Antecedentes	" 13
Edificación	" 21
Nociones sobre geografía de la región	" 29
Consideraciones geológicas	" 33
El terremoto de San Juan del 15 de enero de 1944 y sus efectos ..	" 38
Primeras noticias	" 38
Zona pleistocénica	" 43
Grietas en el suelo y en el pavimento	" 50
Onda gravífica	" 51
Efectos del sismo en la ciudad de San Juan	" 52
Desperfectos en el puente sobre el río San Juan, cerca de Alto de Sierra, en el tramo de la carretera próximo a él y en el puente sobre el canal Caucete	" 55
Efectos del sismo en Albardón	" 57
Lesiones producidas por el sismo en Ullún	" 59
Mecanismo del terremoto	" 61
Necesidad de la enseñanza de la edificación sísmica a los estudiantes de Ingeniería y Arquitectura	" 65
Bibliografía	" 70

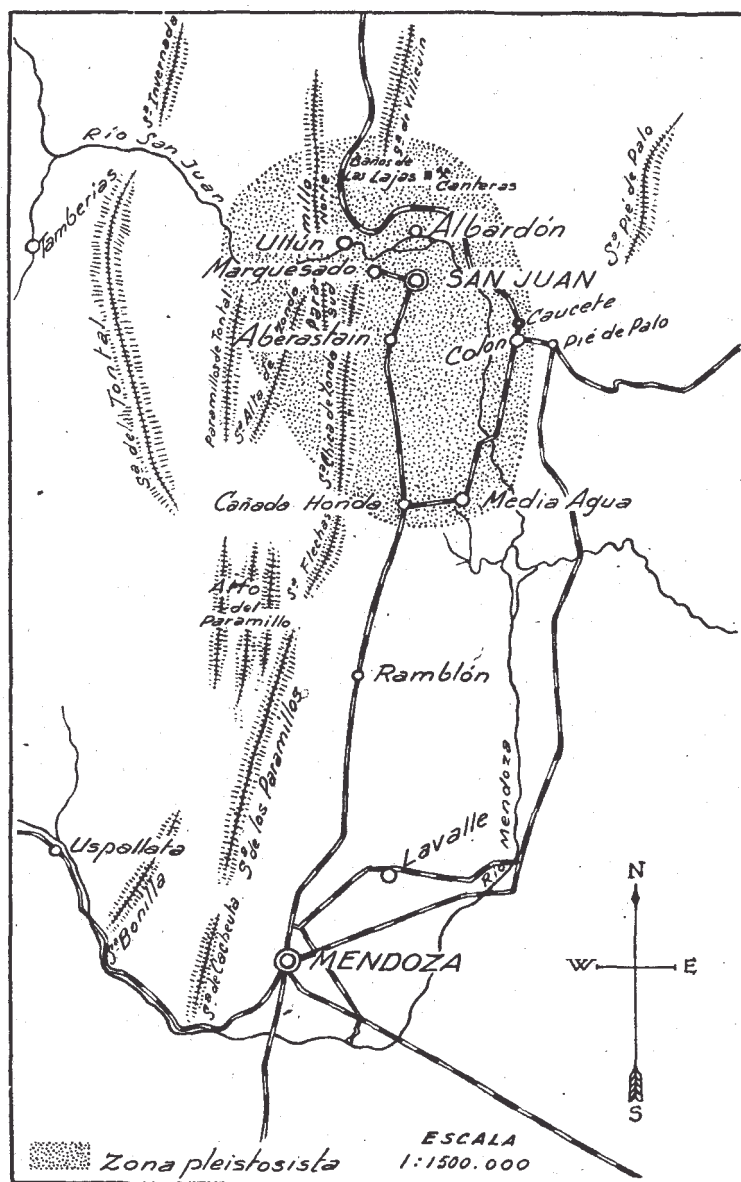


Fig. 1. — Zona pleistosisista del terremoto de San Juan del 15 de enero de 1944. Epicentro principal en la región de Ullún y cerro Tambolaro al N. W. de la ciudad de San Juan

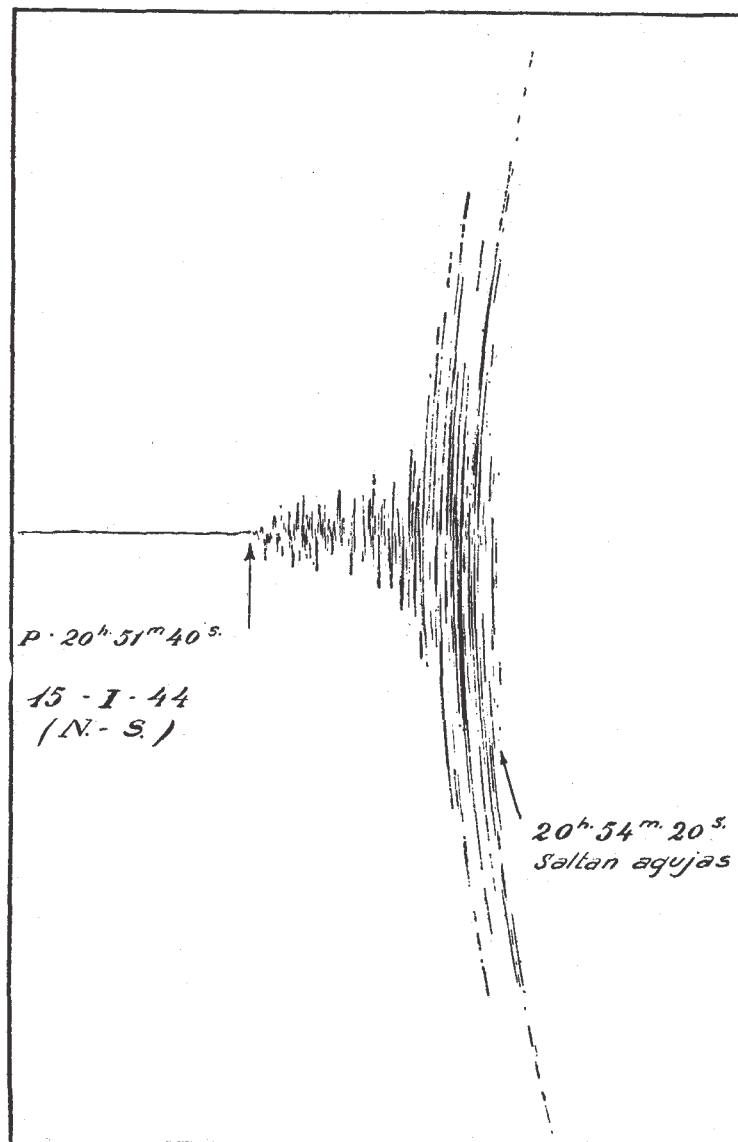


Fig. 2. — Sismograma que registra la vibración de N. a S. en el sismógrafo de péndulo astático horizontal de Wiechert del terremoto del 15 de enero de 1944. (Observatorio Central Buenos Aires. Publicación de "La Prensa". Buenos Aires, 30 de enero de 1944)

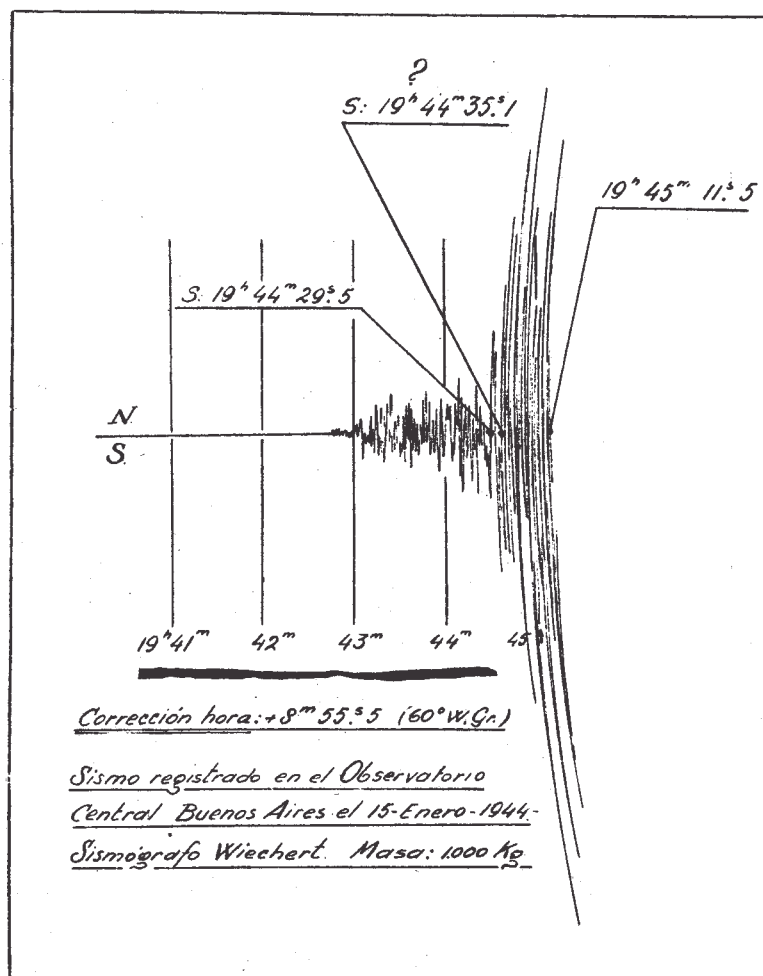


Fig. 2a. — Sismograma que registra la vibración de N. a S. Estación Sísmica de Buenos Aires (Observatorio de Villa Ortúzar). Informe del Dr. Cappelletti enviado por el Sub-Director del Observatorio Central de Buenos Aires

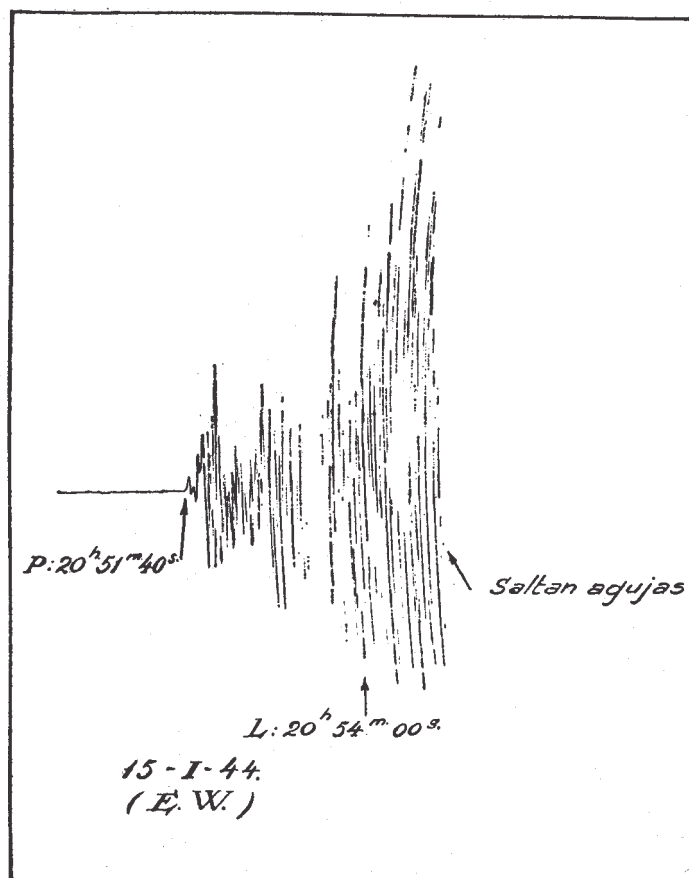


Fig. 3. — Sismograma que registra la vibración de E. a W. en el sismógrafo de péndulo astático horizontal Wiechert del terremoto del 15 de enero de 1944. (Observatorio Central Buenos Aires. Publicación de "La Prensa". Buenos Aires, 30 de enero de 1944)

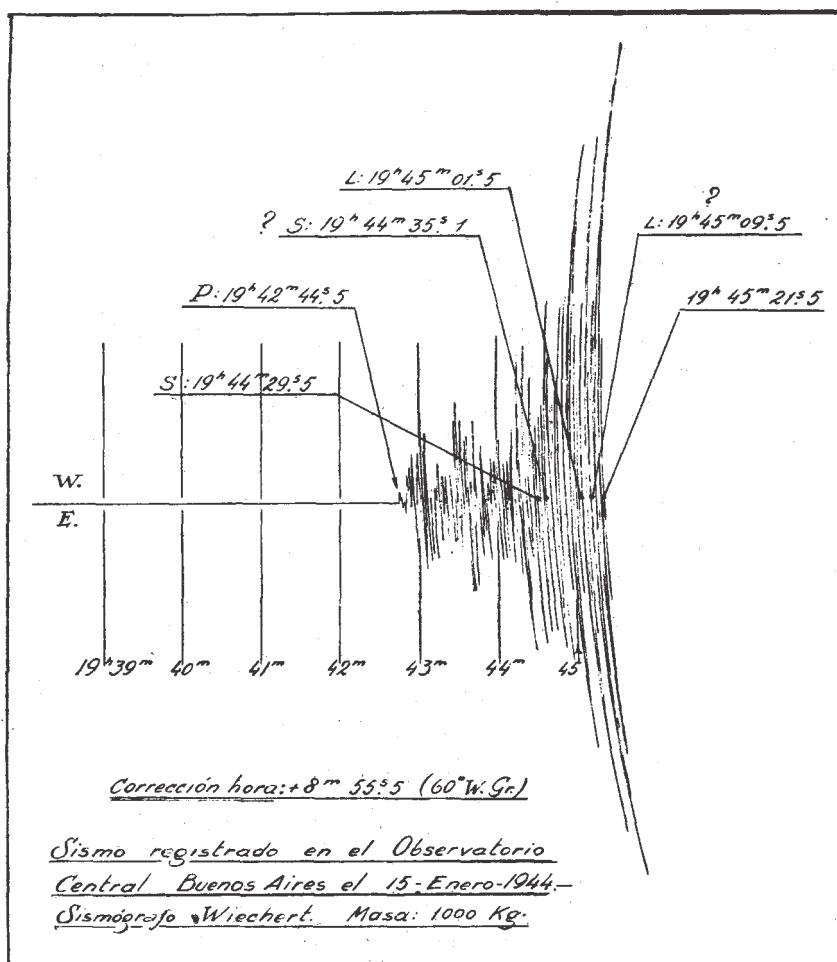


Fig. 3a. — Sismograma que registra la vibración de W. a E. Estación Sísmica de Buenos Aires (Observatorio de Villa Ortúzar). Informe del Dr. Cappelletti enviado por el Sub-Director del Observatorio Central Buenos Aires

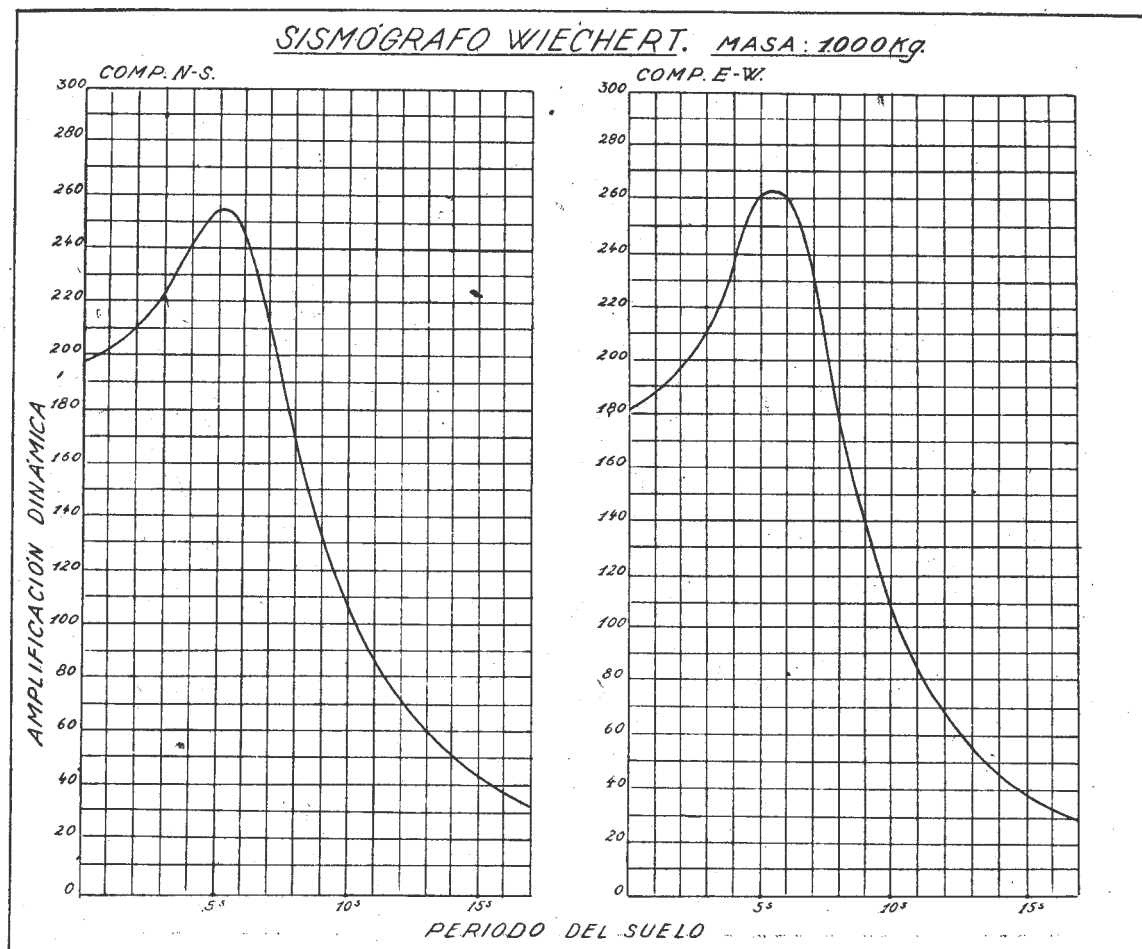


Fig. 3b. — Sismograma Wiechert. Gráfico referente a las componentes N.-S. y E.-W. Aumento dinámico para un determinado valor del periodo del suelo. (Informe del Dr. Cappelletti enviado por el Sub-Director del Observatorio Central de Buenos Aires)

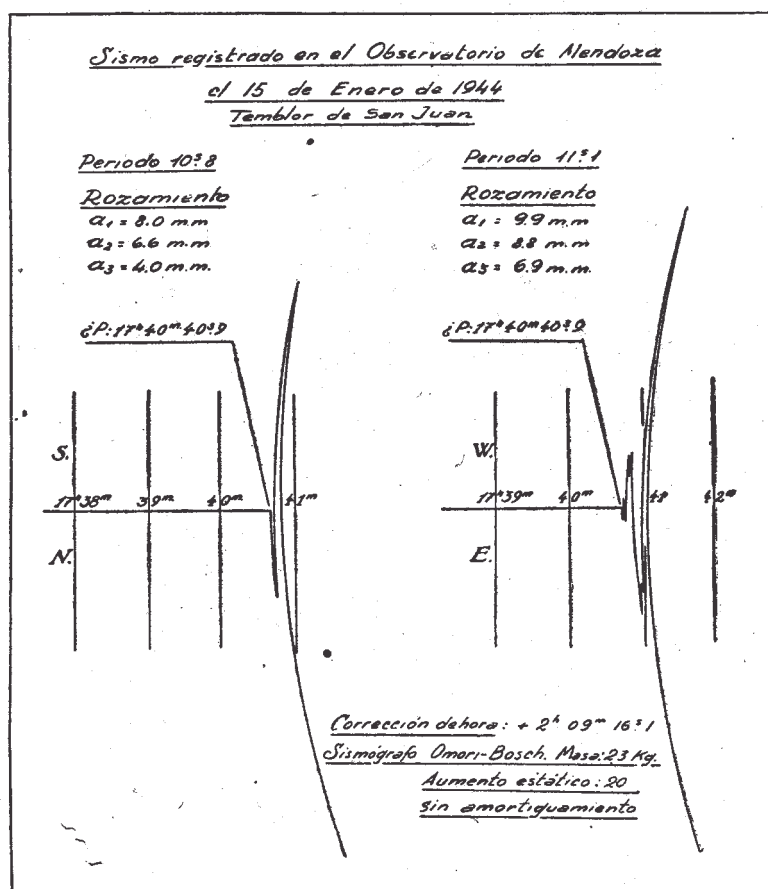


Fig. 3c. — Sismograma que registra las vibraciones N.-S. y E.-W. (Observatorio de Mendoza). Informe del Dr. Cappelletti enviado por al Sub-Director del Observatorio Central Buenos Aires



Fig. 4. — City Palace Hotel. Enero 16 de 1944.
(Fotografía Rusconi)



Fig. 5. — Estación del F. C. al Pacífico en San Juan,
después del terremoto. En la actualidad está demolida
por no ofrecer seguridad



Fig. 6. — Vista tomada desde la terraza del City Hotel hacia el Oeste. (Fotografía Rubies)



Fig. 7. — Vista hacia el N. tomada desde la terraza del City Palace Hotel. A la izquierda la torre de la iglesia de Santo Domingo. (Fotografía Rubies)

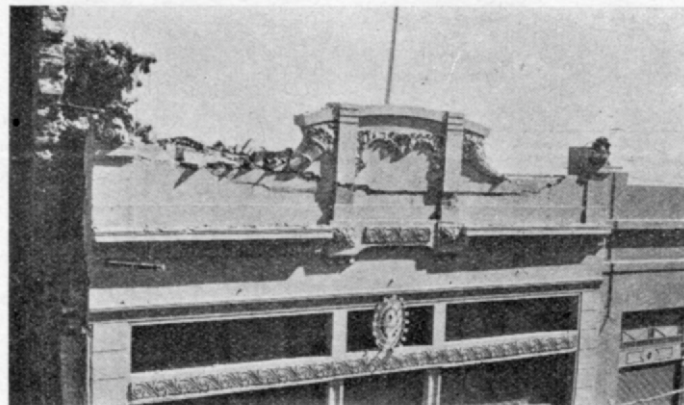


Fig. 8. — Caja de Asistencia y Previsión Social, sobre calle Rivadavia, frente al City Palace Hotel. (Fotografía Rubíes)

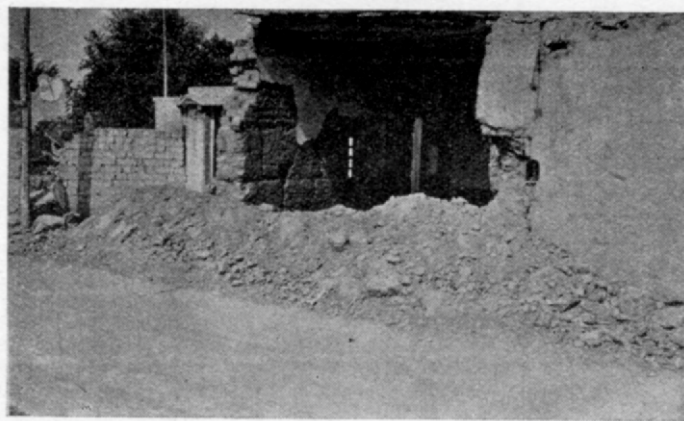


Fig. 9. — Casa con paredes "de cajón" sobre la calle Mendoza (N. a S.) entre Benavidez y Chile. El frente mira al E. Barrio Concepción, Ciudad de San Juan. (Fotografía Castellanos)

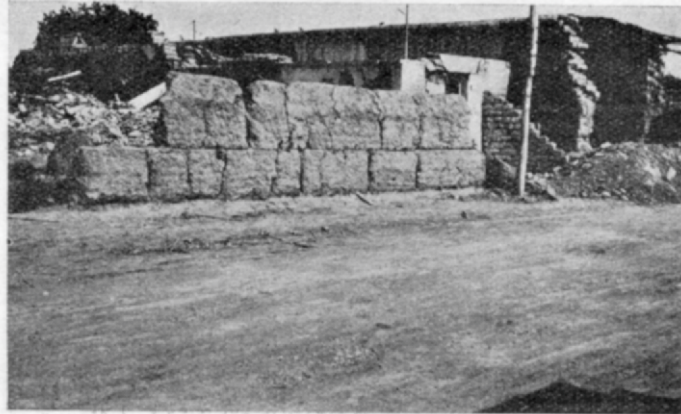


Fig. 10. — Otra casa con "paredes de cajón" sobre la calle Mendoza (N. a S.) entre Benavídez y Chile. El frente mira al E. Barrio Concepción. Ciudad de San Juan. (Fotografía Castellanos)

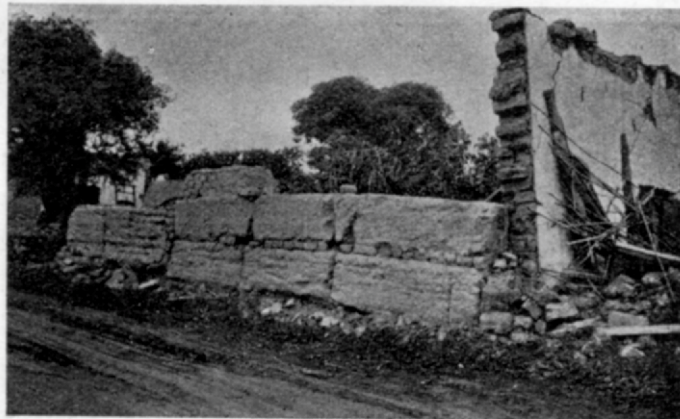


Fig. 11. — Pared de "cajón" sobre la calle General Acha (N. a S.) entre Chile y Pedro Echagüe. Barrio Concepción. Ciudad de San Juan. (Fotografía Castellanos)



Fig. 12. — Casas de adobe que miran al E.; techo de cañizo y barro con paja en varias capas. Fábrica de Cerveza y Maltería Río de la Plata, de B. B. Zarich. Calle Mendoza, entre 25 de Mayo y Pedro Echagüe. (Fotografía Castellanos)

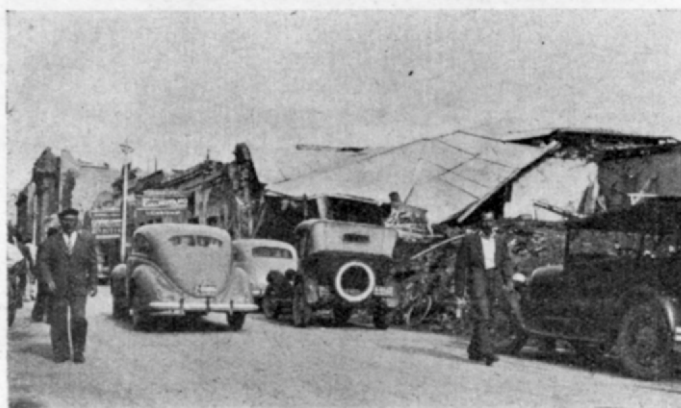


Fig. 13. — Casa de adobe, techo de chapas de hierro galvanizado. Caída del frente que mira al S. Calle Rivadavia (E. a W.) entre Tucumán y General Acha. (Fotografía Rubies)



Fig. 14. — Mercadito al lado del Consulado Uruguayo. Edificio de ladrillo, techo de loza de hormigón armado. Calle Rioja esq. Laprida. (Fotografía Castellanos)



Fig. 15. — Casa de ladrillo, medianera de adobe; techo de una loza de hormigón armado que ha quedado sólo el enrejado después del sismo. Avda. de Mayo entre Rioja y Jujuy. (Fotografía Castellanos)



Fig. 16. — Casas de la calle Bartolomé Mitre que presentan sus cornisas derribadas

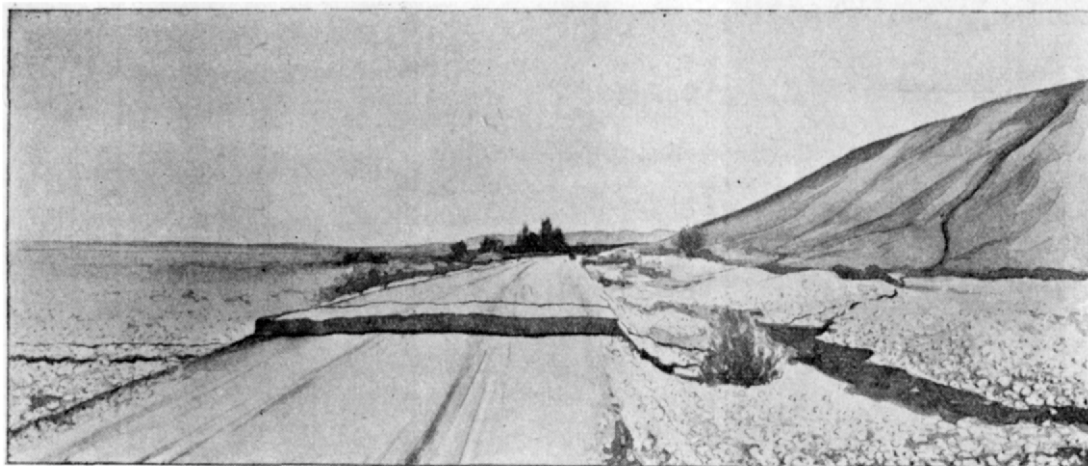


Fig. 17. — A 4 kilómetros al S. de los Baños de La Laja dos grietas cortan transversalmente el camino. La mayor, que continuaba hacia el W. por los cerros, tenía una separación de 0m.20 y marcaba un desnivel de 0m.60. La parte hñdida se halla hacia el N. De una fotografía tomada poco después de producido el sismo



Fig. 18. — Grietas a 4 kilómetros al S. de los Baños de La Laja. Estado de las mismas 25 días después de producido el terremoto; se aprecia sólo el desnivel en el camino. (Fotografía Rubíes)



Fig. 19. — Baños de La Laja. Bancos de travertina. (Fotografía Castellanos)



Fig. 20. — Hotel de los Baños de La Laja. El señor José Rubíes sentado. (Fotografía Castellanos)



Fig. 21. — Baños de La Laja. Pileta agrietada, donde cae el agua sulfurosa destinada a los baños del hotel. (Fotografía Castellanos)



Fig. 22. — Escuela de Artes y Oficios de la Nación, en Villa Colón.
(Fotografía Castellanos)

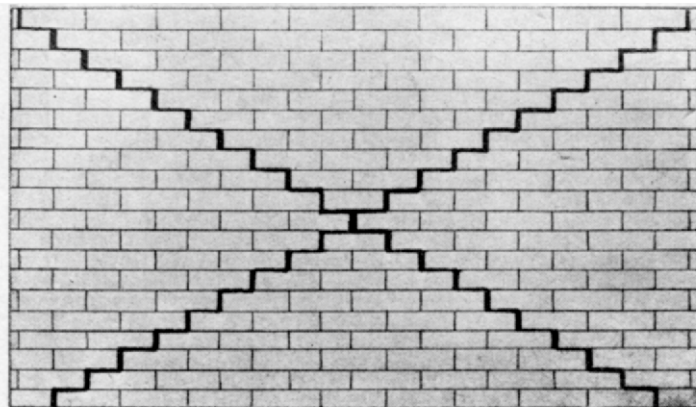


Fig. 23. — Grietas conjugadas en cruz de malta en una
pared de ladrillo



Fig. 24. — Biblioteca San Martín de Albardón. Edificación de ladrillo y techo de chapas de hierro galvanizado. (Fotografía Castellanos)



Fig. 25. — Llegada de las ambulancias de auxilio al barrio de Concepción, de la ciudad de San Juan. 16 de enero de 1944. (Fotografía Ronchietto)

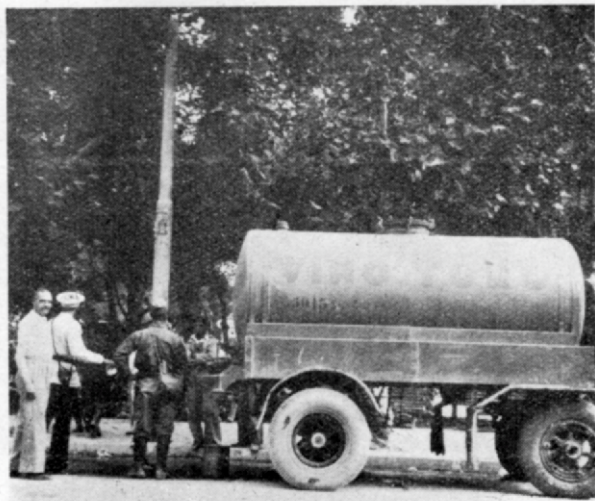


Fig. 26. — Provisión de agua a la población después del sismo. Enero 16. (Fotografía Rusconi)



Fig. 27. — Acumulamiento de escombros en la calzada de una calle arbolada. Ciudad de San Juan. 16 de enero de 1944. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 28. — Casas de la Avda. 25 de Mayo esquina Rioja. Calle estrecha y arbolada. (Fotografía Castellanos)



Fig. 29. — Remoción de escombros en una calle central de la ciudad de San Juan. 16 de enero. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 30. — Calle Rivadavia. En primer plano el edificio del Bon Marché. Hay varios autos sepultados en la calzada. Enero 16. (Fotografía Rusconi)



Fig. 31. — Escombros en una calle de la zona sud de la ciudad de San Juan. 16 de enero. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 32. — Automóvil aplastado por los escombros. Ciudad de San Juan. 16 de enero. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 33. — Una de las calles centrales de la ciudad de San Juan. Se puede apreciar el espesor de las paredes de adobe. 16 de enero. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 34. — Calzada cubierta de escombros en la parte central de la ciudad de San Juan, 16 de enero. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 35. — Edificio de adobe de un surtidor de nafta de Y. P. F. Enero 16. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 36. — Aspecto de la calle Rivadavia después del sismo



Fig. 37. — Edificación de la parte sud de la ciudad de San Juan, que a pesar de ser de adobe ha sufrido poco los efectos del sismo. Enero 16. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 38. — Casa de adobe destruída. Zona sud de la ciudad de San Juan. Enero 16. (Fotografía Ronchiotto)



Fig. 39. — Frente de la Casa de Gobierno de San Juan. Enero 16. (Fotografía Rusconi)



Fig. 40. — Calle General Acha entre Santa Fe y Bartolomé Mitre. La calzada cubierta de escombros. Enero 16. (Fotografía Rusconi)



Fig. 41. — Teatro Estornell. El edificio más elevado de la ciudad de San Juan. Presenta algunas grietas en su fachada. Enero 16. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 41a. — Teatro Estornell. Dibujo que indica las grietas producidas en la fachada durante el sismo



Fig. 42. — Tipo de construcción de adobe de la zona sud de la ciudad de San Juan, donde han sido menos evidentes los efectos del sismo. Enero 16. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 43. — Grupo de casas que miran al W., cuyos muros han quedado en forma de agujas. Calle Tucumán entre Chile y Benavidez. (Fotografía Castellanos)



Fig. 44. — Escombros pertenecientes a varios edificios de la zona central de San Juan. Enero 16. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 45. — Casas de adobe derrumbadas. Ciudad de San Juan



Fig. 46. — Serie de casas de adobe cuyos frentes que miran al E. se han derrumbado. Calle Tucumán (N. a S.), entre 25 de Mayo y Chile. (Fotografía Castellanos)

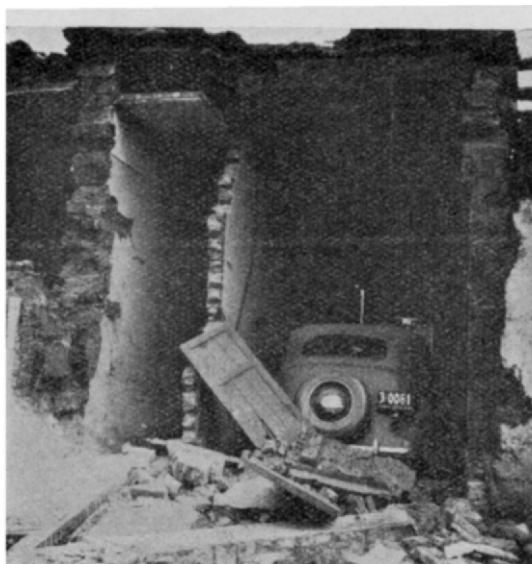


Fig. 47. — Casa cuyo frente se ha derrumbado.
Enero 16. (Fotografía Rusconi)



Fig. 48. — Casa ubicada detrás de la
Catedral y con frente a la calle Rivadavia.
La pared frontal caída. (Fotografía
Castellanos)



Fig. 49. — Casas que miran al E., pertenecientes al molino Delara. Los frentes están derrumbados. Calle General Acha entre 25 de Mayo y Chile. Techos de vigas de madera, cañizo y barro con paja. (Fotografía Castellanos)



Fig. 50. — Antigua puerta dividida en dos por un tabique. Casa de la zona central de la ciudad de San Juan

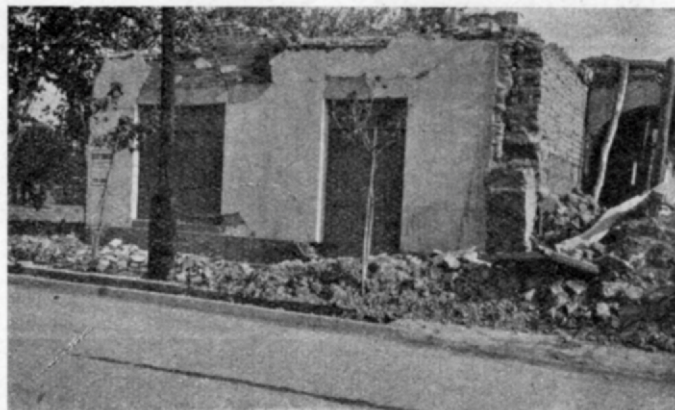


Fig. 51. — Casa de ladrillo en 25 de Mayo esq. España. Cornisa caída. Una grieta horizontal arriba de la puerta y la ventana y otras de 45° de inclinación. (Fotografía Castellanos)



Fig. 52. — Grupo de casas de adobe derrumbadas. Calles 25 de Mayo y España. (Fotografía Rubíes)



Fig. 53. — Sistema de grietas conjugadas con inclinación de 45° que se cortan en el lugar del contador de la luz eléctrica. Este sistema de grietas se halla entre dos aberturas. Calle 25 de Mayo, N° 747. (Fotografía Castellanos)



Fig. 54. — Casa situada al lado de un mercado, en la calle Rioja Nos. 271-279. En la parte superior hay una grieta horizontal y abajo otras con inclinación de 45° . (Fotografía Castellanos)



Fig. 55. — Casa en la calle Rioja, Nos. 271-279, al lado de la anterior. Se aprecia, arriba, una grieta horizontal y abajo, entre las ventanas y puertas, otras conjugadas de 45° de inclinación. (Fotografía Castellanos)



Fig. 56. — Casa en la calle Tucumán N° 435, entre Chile y Benavidez. Una grieta vertical separa la puerta de calle del garage. Entre la puerta y la ventana aparecen grietas conjugadas de 45° de inclinación. Una grieta horizontal provocó el derrumbe de la cornisa. (Fotografía Castellanos)



Fig. 57. — Grupo de casas de adobe en la calle Tucumán entre Benavidez y Chile. (Fotografía Rubies)

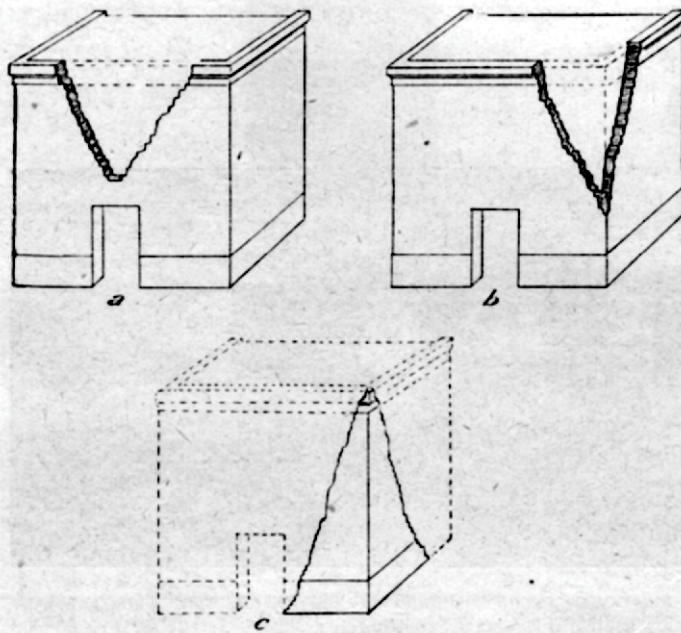


Fig. 58. — Agrietamiento triangular (a) y tetraédrico (b) y (c) de los edificios



Fig. 59. — Templo departamental de Santa Lucía, frente a la plaza de su nombre. La torre es de ladrillo y el resto del edificio de adobe con techo de chapas de hierro galvanizado. (Fotografía Castellanos)



Fig. 60. — Templo departamental de Santa Lucía. Se indican los diferentes tipos de grietas



Fig. 61. — Palacio Municipal, frente a la plaza Aberastain. Calles Mitre y Caseros. Edificio de ladrillo. Derrumbe de las cornisas. Gran grieta vertical y otras conjugadas con inclinación de 45°. (Fotografía Castellanos)



Fig. 62. — Edificio de la subestación Mitre. Sociedad de Electricidad Los Andes. Avda. San Martín (límite de la ciudad con el barrio Santa Lucía). Grieta horizontal en la parte superior, otras conjugadas con inclinación de 45° y las más numerosas terminan en los ángulos de las ventanas. (Fotografía Castellanos)

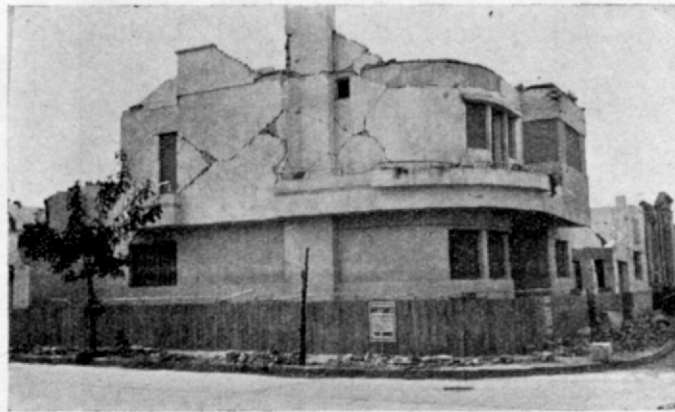


Fig. 63. — Casa de ladrillo. Grieta horizontal que separa la cornisa, derribada en parte. Varias grietas conjugadas con inclinación de 45°. Calle Sarmiento y Entre Ríos. (Fotografía Castellanos)



Fig. 64. — Casa donde nació Sarmiento. Cornisa en parte derribada. Frente con grietas. Calle Sarmiento. (Fotografía Castellanos)



Fig. 65. — Frente de la Catedral sobre la calle Mendoza (N. a S.) mirando a la plaza 25 de Mayo. Se notan las torres desplazadas, derribadas después. Se observan grietas verticales arriba de las ventanas y de las aberturas de los campanarios. Enero 16. (Fotografía Rusconi)

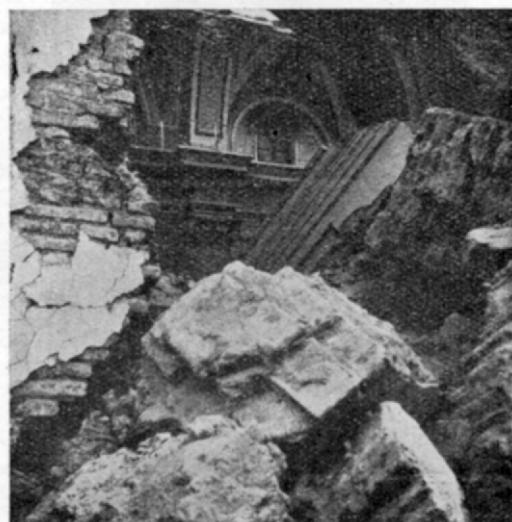


Fig. 66. — La Catedral, parte derrumbada sobre la calle Rivadavia. Obsérvese la zona interna de la nave. Enero 16. (Fotografía Rusconi)



Fig. 67. — Frente de la Catedral. El reloj que señala la hora oficial de la Municipalidad indica la del sismo. 16 de Enero. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 68. — Una de las torres de la Catedral. Detalle de las grietas sobre la abertura del campanario que mira (calle Mendoza) a la plaza 25 de Mayo



Fig. 69. — La Catedral vista de la calle Rivadavia.
(Fotografía Rubíes)



Fig. 70. — Techo en bóveda de la Catedral, caído. Rivadavia es-
quina Mendoza, frente a la plaza 25 de Mayo.
(Fotografía Rubíes)



Fig. 71. — La Catedral, sobre la calle Rivadavia (corre de E. a W. y mira al N.). Se notan grietas verticales y otras de inclinación de 45° que parten de los ángulos de puertas y ventanas. Se ha derrumbado la sección posterior de las naves laterales donde está el sepulcro de los obispos. (Fotografía Castellanos)



Fig. 72. — Vista interna de la iglesia La Merced, del barrio de Concepción, Ciudad de San Juan. Enero 16. (Fotografía Rusconi)



Fig. 73. — Parte frontal de la iglesia del barrio de Concepción. Ciudad de San Juan. Enero 16. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 74. — Paredones de la iglesia del barrio de Concepción. Ciudad de San Juan. Enero 16. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 75. — Parte lateral de la iglesia del barrio de Concepción.
Ciudad de San Juan, Enero 16. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 76. — Techo derrumbado de la iglesia del barrio de Concepción.
Ciudad de San Juan, Enero 16. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 77. — Restos de una iglesia de San Juan, en la zona central. Sus techos han sido derrumbados. Enero 16. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 78. — Escombros de un convento. Vigas de madera agrietadas. Enero 16. (Fotografía Ronchietto)



Fig. 79. — Templo de Santo Domingo, calle Entre Ríos (E. a W.), esq. Rawson. Grieta vertical en la parte superior de las aberturas del campanario y de la ventana central y grietas de inclinación de 45° en las ventanas simuladas. Parte de las cornisas derrumbadas. (Fotografía Castellanos)



Fig. 80. — Templo de Santo Domingo. La parte sin revoque es la reconstruida, derrumbada en el terremoto del 27 de octubre de 1894. (Fotografía Castellanos)



Fig. 81. — Estadio Municipal, Tribunas oficiales. (Fotografía Castellanos)



Fig. 82. — Cementerio de San Juan. Vista de panteones derruidos por el sismo. (Fotografía Castellanos)



Fig. 83. — Cementerio. Sección de los nichos. Los ataúdes, por el movimiento, voltearon el tabique y saltaron afuera. (Fotografía Castellanos)



Fig. 84. — Panteón del cementerio de San Juan, que muestra grietas y desplazamientos de los pilares. (Fotografía Castellanos)

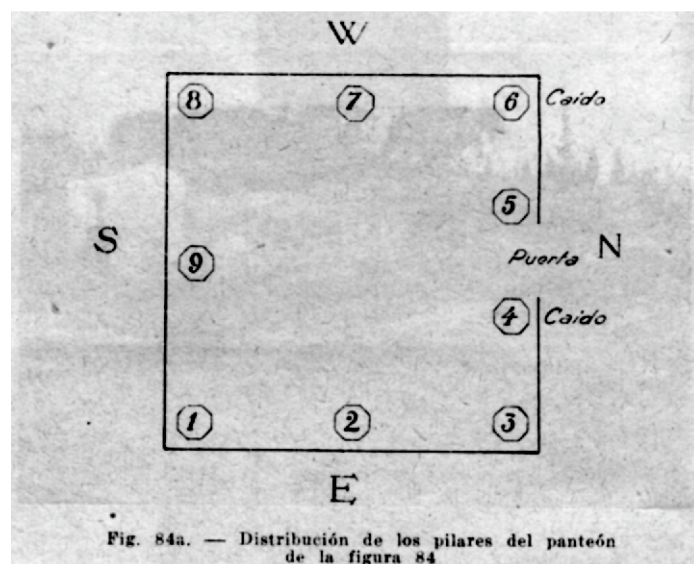


Fig. 84a. — Distribución de los pilares del panteón de la figura 84



Fig. 85. — Un pilar del lado N. de la puerta del panteón anterior. Cementerio de la ciudad de San Juan. (Fotografía Castellanos)

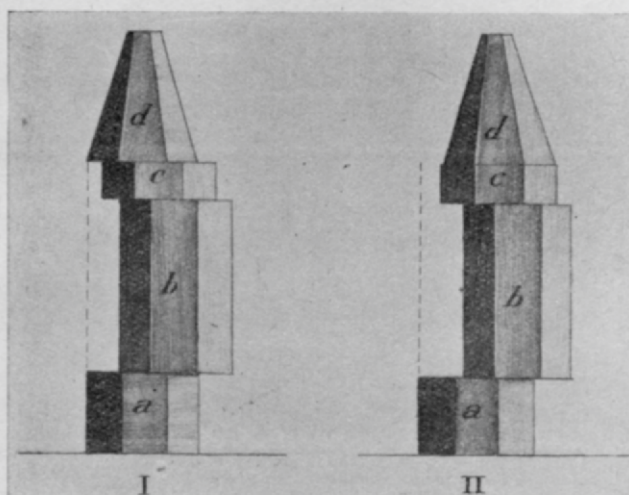


Fig. 85a. — Dos pilares del panteón de la figura 84. El I corresponde al N° 5 y el II al N° 3



Fig. 86. — Cementerio de la ciudad de San Juan. Se observan los efectos del terremoto en los panteones. (Fotografía Castellanos)



Fig. 87. — Pirámide de ladrillo perteneciente a un mausoleo en el cementerio de San Juan (1ª norma). Se aprecian las grietas horizontales y desplazamiento de las secciones. (Fotografía Castellanos)



Fig. 88 — Pirámide de ladrillo, la misma anterior pero en 2ª norma. Cementerio de San Juan. (Fotografía Castellanos)



Fig. 89. — Pirámide de ladrillo, en 3ª norma. Cementerio de San Juan. (Fotografía Castellanos)



Fig. 90. — Puente carretero sobre el río San Juan, Alto de Sierra.
Muestra la grieta en el estribo de la margen izquierda.
(Fotografía Castellanos)

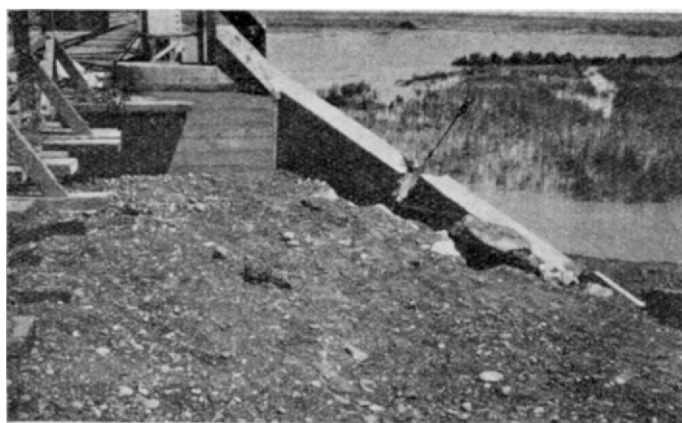


Fig. 91. — Grieta con rechazo en el estribo N.E. del puente carretero
de Alto de Sierra, sobre el río San Juan. (Fotografía Castellanos)

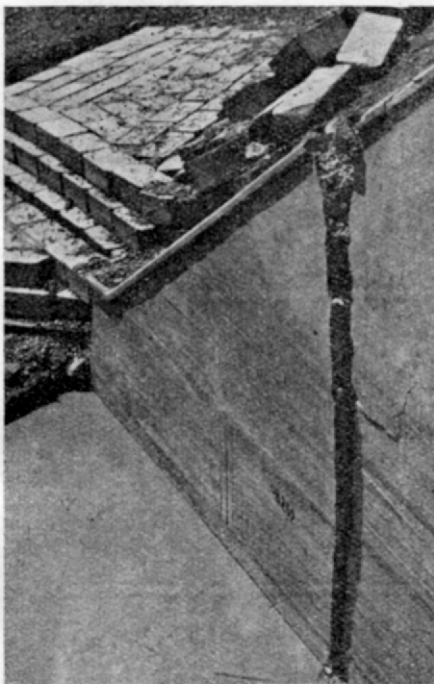


Fig. 92. — Estribo N.E. del puente sobre el río San Juan, Alto de Sierra. Se nota una grieta vertical con rechazo. (Fotografía Castellanos)



Fig. 93. — Grieta longitudinal en el terraplén del camino a la salida del puente carretero de Alto de Sierra. Trozo del camino comprendido entre este puente y otro sobre el canal Cauce. (Fotografía Castellanos)



Fig. 94. — Puente sobre el canal Caucete. Obsérvase una grieta horizontal en la base. (Fotografía Castellanos)



Fig. 95. — Trozo de camino al N.E. del puente carretero (A) y puente del canal Caucete (B). Una grieta (C), donde está de pie el señor Rubies marca un desnivel de 0m.20. Entre B y C está la parte hundida. En D hay otra grieta, de pie sobre ella el Ing. Ramón Flores. (Fotografía Castellanos)



Fig. 96. — Camino de hormigón que muestra una onda gravífica y donde también se registran movimientos diferenciales. Trozo del camino a 1000 m. al N.E. del puente carretero de Alto de Sierra, sobre el río San Juan. (Fotografía Castellanos)

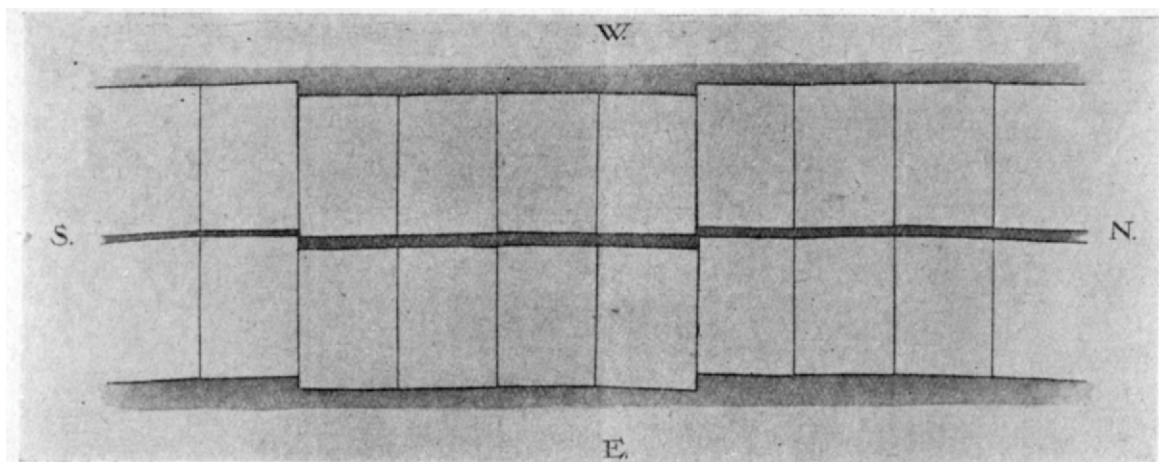


Fig. 97. — Esquema que señala el desplazamiento lateral de las losas de hormigón del camino. Trozo del camino a 1000 m. al N.E. del puente carretero de Alto de Sierra sobre el río San Juan

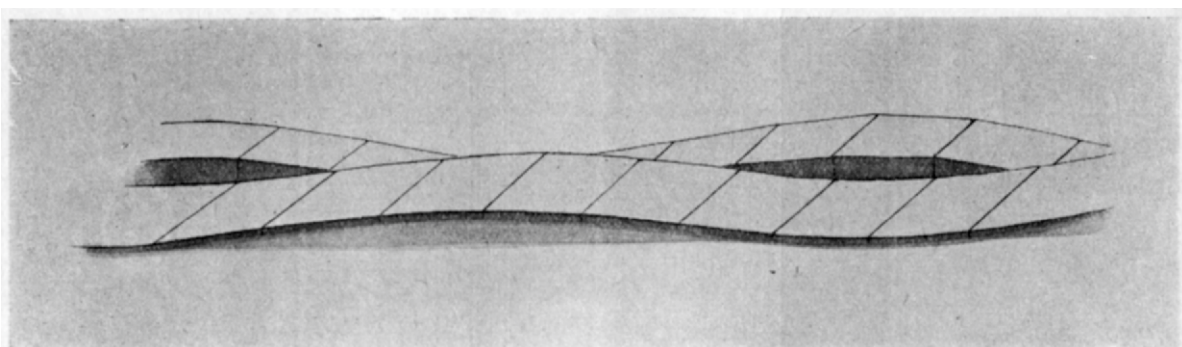


Fig. 98. — Esquema del desplazamiento ondulatorio de las lozas de hormigón del camino movidas por ondas superficiales de carácter longitudinal, con movimientos diferenciales. Trozo de camino a 1000 m. al N.E. del puente carretero de Alto de Sierra sobre el río San Juan



Fig. 99. — Onda gravífica fijada en la vereda y en la calle. Longitud de la onda: 15 m. Albardón. (Fotografía Castellanos)

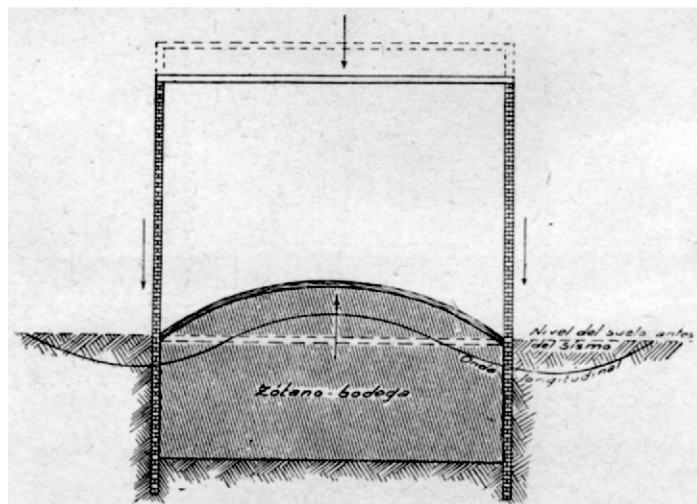


Fig. 100. — Abovedamiento del suelo de las bodegas en Albardón y en la de Graffigna en Ullún, por efecto de las ondas superficiales.

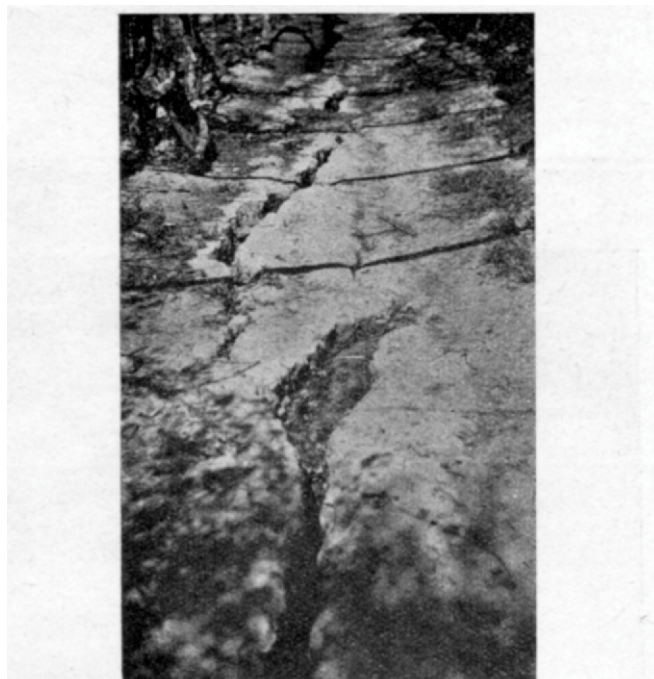


Fig. 101. — Casa de Félix Herrero, en Albardón. Varias grietas paralelas, algunas de 0m.10 de abertura, cortan el patio y la quinta. Dirección de las grietas: W. a E.
(Fotografía Castellanos)



Fig. 102. — Casa de Félix Herrero, en Albardón. Grietas de W. a E., con rechazo, que muestran las piletas de decantación.
(Fotografía Castellanos)

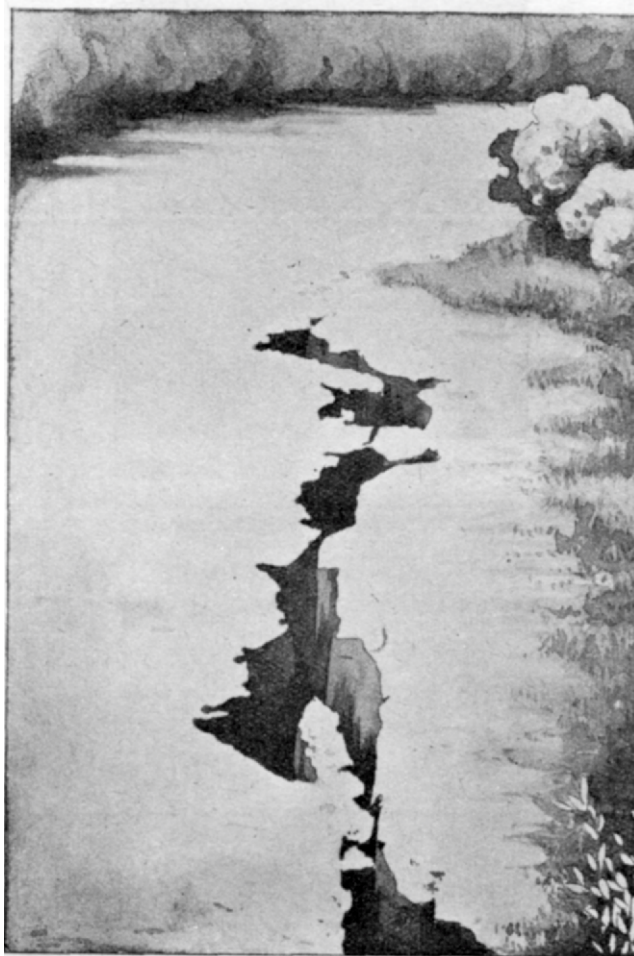


Fig. 103. — Grieta longitudinal a lo largo de la calle Arenales,
de Albardón



Fig. 104. — Grietas longitudinales en el camino cerca del puente "Nueve de Julio", sobre el río San Juan

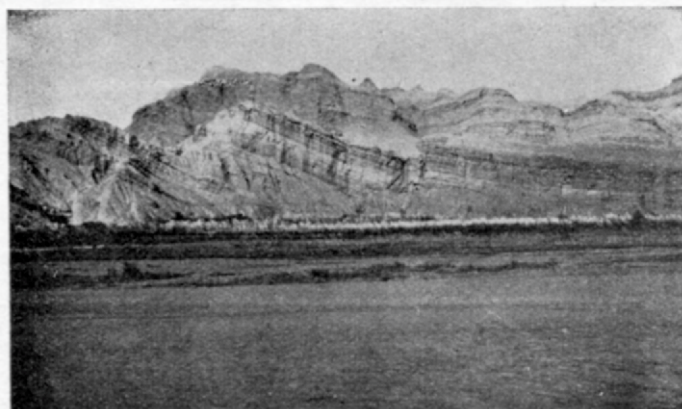


Fig. 105. — Estratos Calchaqueños con fallas transversales.
Quebrada de Ullún. (Fotografía Castellanos)



Fig. 106. — Estratos Calchaqueños con fallas transversales. Margen
izquierda del río San Juan. Quebrada de Ullún. Vista desde el puente
sobre el río. (Fotografía Castellanos)



Fig. 107. — Camino de San Juan a Calingasta. Cerro Blanco. En la parte superior la colada de dacita (a),
abajo areniscas del plioceno medio (c), entre ambas una capa de bombas volcánicas (b).
(Fotografía Castellanos)

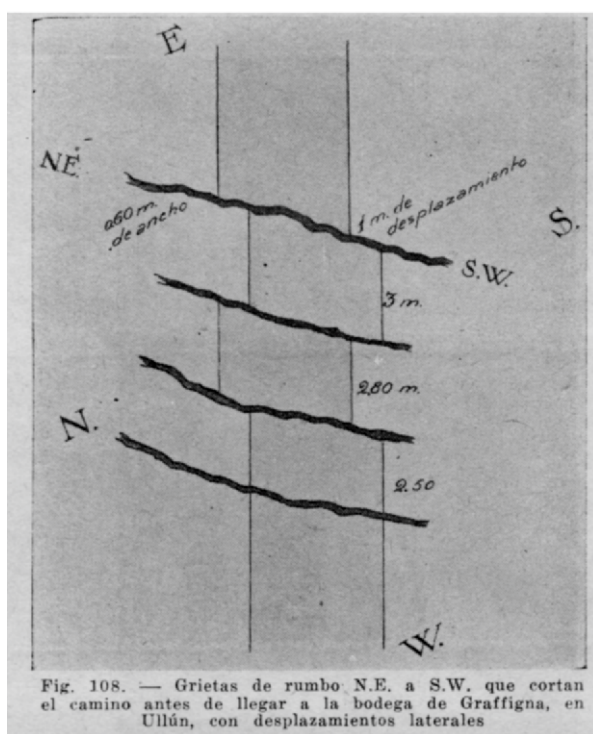


Fig. 108. — Grietas de rumbo N.E. a S.W. que cortan el camino antes de llegar a la bodega de Graffigna, en Ullón, con desplazamientos laterales



Fig. 109. — Grieta de rumbo N.W. a S.E. que continúa en la casa de la señora Nieves C. de González, en Ullún. (Fotografía Castellanos)



Fig. 110. — La misma grieta que continúa en la casa de la señora Nieves C. de González en Ullún. (Fotografía Castellanos)

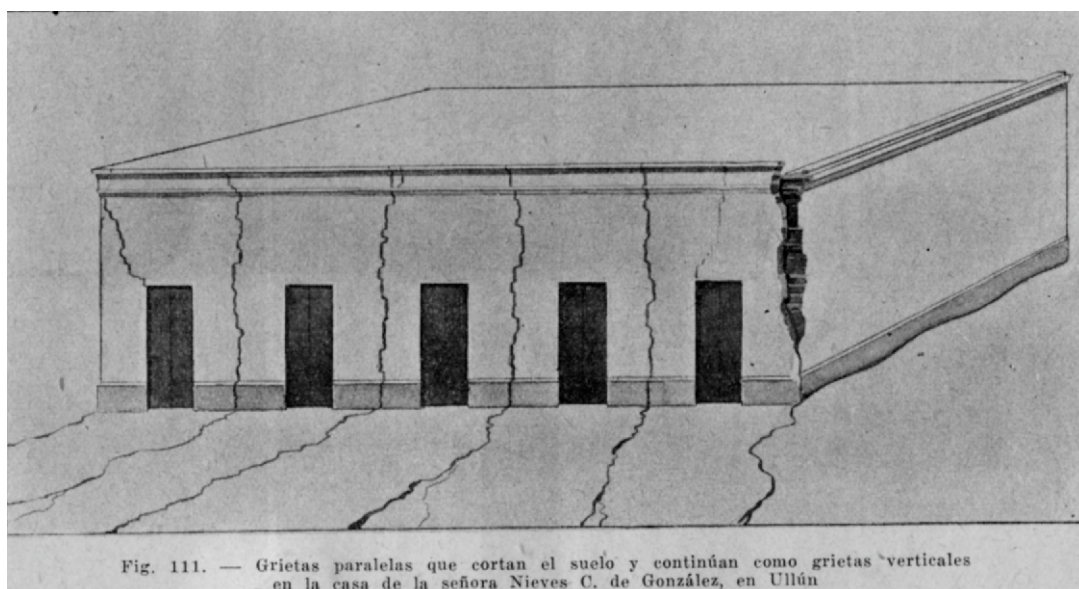


Fig. 111. — Grietas paralelas que cortan el suelo y continúan como grietas verticales en la casa de la señora Nieves C. de González, en Ullón



Fig. 112. — Patio de la casa de la señora Nieves C. de González, en Ullún. En el suelo se aprecian numerosas grietas paralelas, de dirección N.W. a S.E. y verticales normales a las anteriores en las paredes del edificio que mira al N.E. (Fotografía Castellanos)



Fig. 113. — Pared orientada de N.W. a S.E. que mira al S.W., señalando dos grietas, una horizontal y otra vertical. Bodega de Grafigna, en Ullún. (Fotografía Castellanos)



Fig. 114. — Pared del S.E. derrumbada en la bodega de Graffigna, en Ullún. (Fotografía Castellanos)



Fig. 115. — Pilar del portón de entrada de la bodega de Graffigna, mostrando un rechazo al S.W. Ullún. (Fotografía Castellanos)



Fig. 116. — Quinta de árboles frutales de la Bodega Graffigna, en Ullón, mostrando una parte hundida. La altura del desnivel está señalada por el Ing. Ramón Flores y el señor José Rubies, este último de pie en la zona hundida. (Fotografía Castellanos)



Fig. 117. — Suelo de las plantaciones de vid, frente a la quinta de árboles frutales, que indica la producción de una zona de hundimiento de 1m.50. Bodega de Graffigna, en Ullón. (Fotografía Castellanos)

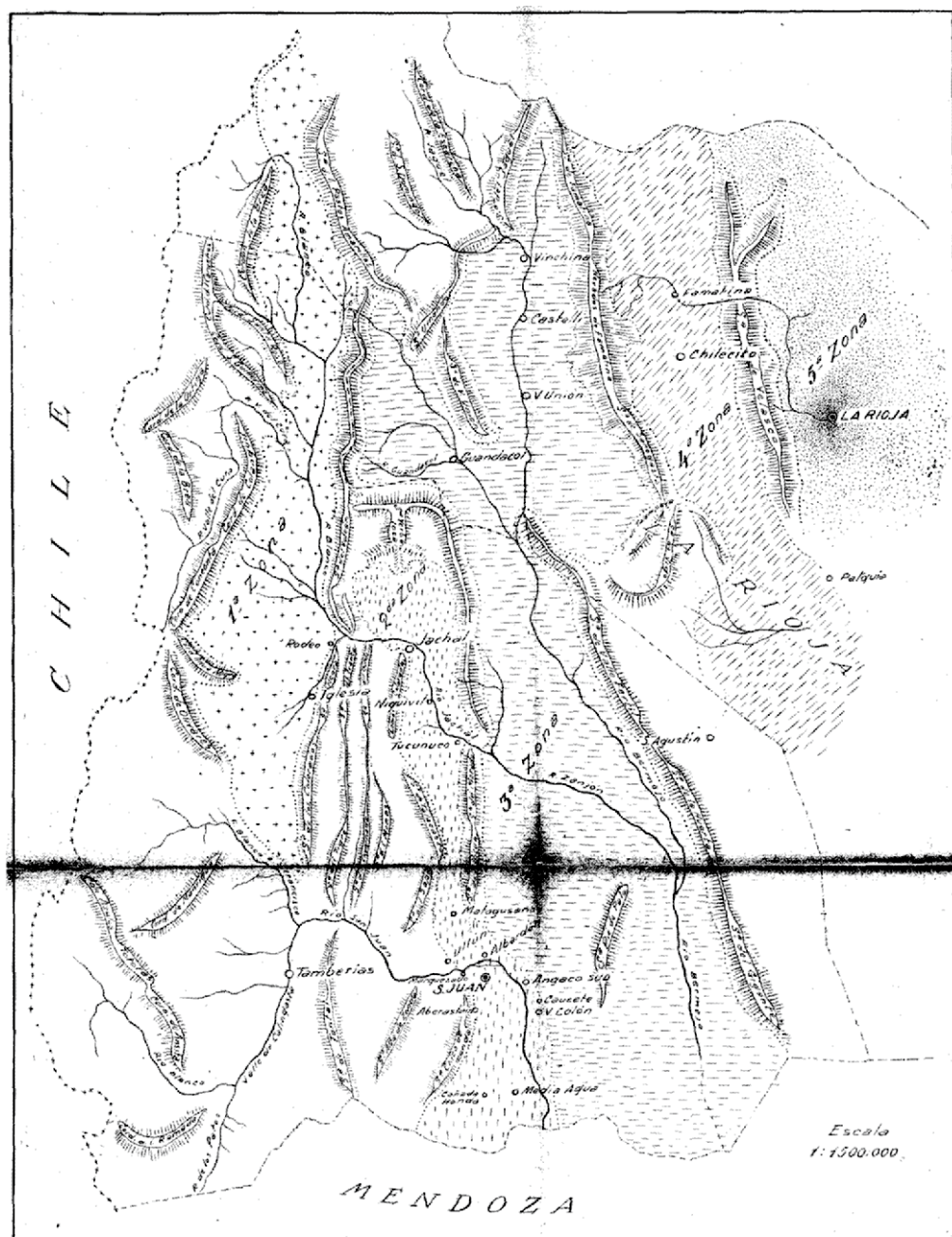


Fig. A. — Zonas de propagación del terremoto de 1894, según Bondenbender. — 1ª Zona de mayor intensidad. 2ª Zona de menor intensidad. 3ª Zona menos intensa que las anteriores. 4ª Zona menos intensa aún que las anteriores. 5ª Zona de poca intensidad, a excepción de la ciudad de La Rioja, donde el sismo fué muy intenso

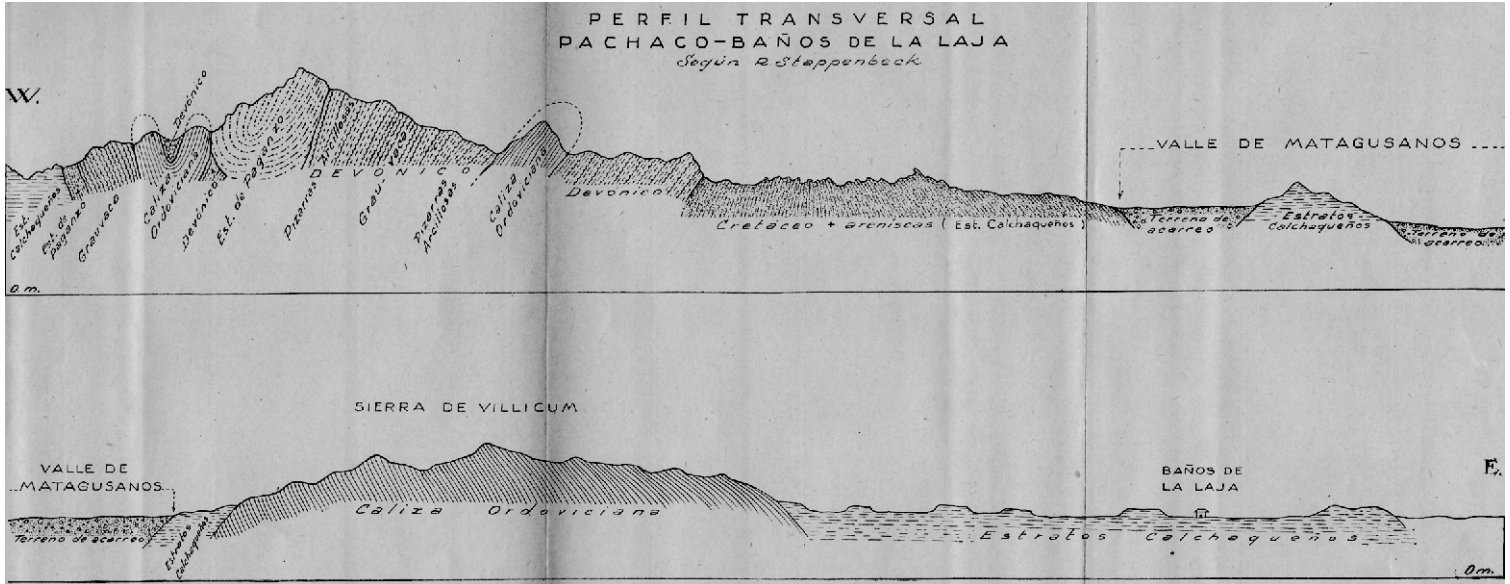
Fig. A. — Zonas de propagación del terremoto de 1894, según Bondenbender. — 1ª Zona de mayor intensidad. 2ª Zona de menor intensidad. 3ª Zona menos intensa que las anteriores. 4ª Zona menos intensa aún que las anteriores. 5ª Zona de poca intensidad, a excepción de la ciudad de La Rioja, donde el sismo fué muy intenso

PLANO DE LA CIUDAD
DE
SAN JUAN



Fig. 0. — Plano de la ciudad de San Juan

PERFIL TRANSVERSAL
PACHACO-BAÑOS DE LA LAJA
Según R. Steffenbeck



PERFILES TRANSVERSALES
PARTE N. DE LA SIERRA CHICA DE ZONDA
Según Groeber y Tapia

