

PODER EJECUTIVO NACIONAL
MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCION SISMICA

**I
N
P
R
E
S**

Gran Mendoza, el nucleo urbano expuesto al mayor nivel de riesgo sísmico en la República Argentina

PUBLICACION
TECNICA Nº 10

Setiembre de 1986

REPUBLICA ARGENTINA

GRAN MENDOZA, EL NUCLEO URBANO EXPUESTO AL MAYOR NIVEL DE RIESGO
SISMICO EN LA REPUBLICA ARGENTINA (*)

Por: Ing. Juan Carlos Castano (**)

RESUMEN

El aglomerado urbano denominado "Gran Mendoza", donde vive aproximadamente la mitad de los 1.200.000 habitantes que tiene esta provincia, en una superficie de alrededor de 500 km², constituye el grupo poblacional argentino con mayor exposición al riesgo sísmico.

Esta afirmación surge de combinar adecuadamente algunos parámetros que, en conjunto, cuantifican dicho riesgo, tales como los antecedentes de terremotos destructivos, el marco geológico local y la respuesta esperada de las construcciones ante el efecto sísmico.

Del análisis del primero de estos factores se desprende que por lo menos trece eventos sísmicos produjeron algún tipo de daño en el Gran Mendoza, de los cuales el terremoto máximo histórico fue el del 20 de marzo de 1861, cuya intensidad allí alcanzó como mínimo el grado IX MM.

Los estudios geológico-estructurales efectuados muestran que existen fallas con movimiento cuaternario comprobado, a pequeñas distancias del area poblada, llegando en algunos casos al extremo de incursionar dentro de la misma.

En lo concerniente a la edificación existente resulta que, aproximadamente, el 65% puede considerarse sismorresistente por tener algún tipo de refuerzo para resistir cargas horizontales, mientras que el 35% restante es de mampostería antigua sin refuerzo o de adobe.

(*) Este trabajo ha sido presentado por el autor en la Reunión Extraordinaria del CERESIS, realizada en el Observatorio Astrofísico de La Laguna, Tenerife, España del 8 al 13 de setiembre de 1986.

(**) Consultor Científico y Técnico - Instituto Nacional de Prevención Sísmica - INPRES - Argentina.
Profesor Titular - Universidad Nacional de San Juan.

Teniendo en cuenta que el total de edificios del Gran Mendoza es de alrededor de 125.000, resulta que 45.000 no tienen ningún tipo de características sismorresistentes. Si a ello le agregamos que el período de recurrencia de una intensidad VIII MM, obtenido solamente a partir de la actividad histórica, es de alrededor de 100 años, se pueden evaluar las pérdidas probables, resultando valores de daños potenciales muy elevados.

INTRODUCCION

La República Argentina, con una extensión continental de 1.850.000 km² y una población de 30.000.000 de personas, tiene más de la tercera parte de sus habitantes concentrados en la Capital Federal y Gran Buenos Aires. Esta es una característica que, salvando las diferencias en lo que al número se refiere, se repite en el interior del país, como es el caso de la Provincia de Mendoza.

Esta Provincia, cuya ciudad capital fue fundada en 1561 tiene, según el censo de 1980, 1.196.228 habitantes y una superficie de 150.839 km², lo que representa una densidad media de 8 habitantes por km². Sin embargo esta densidad no es uniforme ya que, de los 18 departamentos en que se divide políticamente la Provincia, tres de ellos: Capital, Godoy Cruz y Guaymallén, tienen densidades superiores a 1.000 habitantes por km², mientras que los Departamentos de Malargue y La Paz no superan 0,4 y 1 habitante por km², respectivamente.

Prácticamente la mitad de la población de la Provincia habita en el núcleo urbano denominado Gran Mendoza que se desarrolla en una superficie de, aproximadamente 500 km² agrupando las áreas más pobladas de los Departamentos Capital, Godoy Cruz, Guaymallén, Las Heras, Maipú y Luján. (Figura 1).

Los censos de los últimos años demuestran que sigue migrando gente hacia el Gran Mendoza, resultando durante la década del 70 un promedio de ingreso de 8.500 nuevos habitantes por año.

Por los antecedentes sísmicos y por las características geotectónicas regionales toda la Provincia de Mendoza y, muy especialmente, el Gran Mendoza se encuentran localizados en la zona de mayor nivel de peligro sísmico de la Argentina. Además, por sus características constructivas, alrededor de un treinta y cinco por ciento de la edificación no tiene diseño sismorresistente. Esta situación es más grave aún en

poblaciones pequeñas y áreas rurales de la Provincia.

El reciente terremoto que afectó al Gran Mendoza, ocurrido el 26 de enero de 1985, a pesar de su moderada magnitud ($m_b = 6.0$), produjo daños de consideración en todo este núcleo urbano, afectando en distinto grado a no menos de 20.000 construcciones, de las cuales no menos de 5.000 debieron ser demolidas por la severidad de los daños que presentaban. Sin embargo en muchos casos, en los Departamentos del Gran Mendoza, las demoliciones fueron menos de las resultantes de las inspecciones, debido al problema social que originaba la falta de vivienda. Como consecuencia de ello muchas viviendas han quedado en pie, reparadas superficialmente, constituyendo un riesgo muy elevado para sus moradores. Además es necesario destacar que este terremoto, con intensidades máximas muy por debajo de las esperadas para el Gran Mendoza, produjo daños muy importantes en algunos edificios construídos de acuerdo a las reglamentaciones sismorresistentes aún vigentes en esta Provincia, lo que constituye otro serio llamado de atención para las autoridades gubernamentales, únicos responsables de la seguridad de la población ante este tipo de fenómenos naturales.

La experiencia obtenida después del terremoto de Cauce del 23 de noviembre de 1977, que afectó especialmente la infraestructura económica de la Provincia de San Juan, localizada en la misma zona sísmica que Mendoza, debe ser otro factor a tener en cuenta para evaluar el riesgo sísmico a que está sometida el área agrícola-industrial que rodea al Gran Mendoza, ya que esta Provincia tiene una participación muy importante en el contexto económico nacional. El PBI provincial participó en el PBI nacional en un 4% promedio durante la década del 70. Casi el 50% de ese PBI está formado por el rubro denominado industrias manufactureras (Figura 2), donde la mayor incidencia corresponde a la elaboración de vinos y la extracción y destilación del petróleo. En ambos casos los terremotos pueden afectar no solamente los establecimientos industriales sino también las fuentes de producción de la materia prima, ya sean pozos de petróleo o campos de viñedos.

El objetivo fundamental del presente trabajo es poner en evidencia el alto nivel de riesgo sísmico a que está expuesto el Gran Mendoza y llamar la atención sobre la necesidad de incorporar dicho riesgo en la planificación, tanto para el caso de la emergencia ocasionada por la ocurrencia de un terremoto, como para el desarrollo socio-económico.

Los resultados obtenidos son de carácter global y representan un promedio para toda el área estudiada ya que no se han considerado factores

de importancia puntual, fundamentalmente las características geométricas y sísmicas de las fuentes de terremotos y la constitución y el comportamiento dinámico de los distintos tipos de suelo de fundación. Solamente un estudio completo de microzonificación sísmica permitirá una zonificación detallada del riesgo sísmico en el Gran Mendoza.

PELIGRO SISMICO RESULTANTE DE LA CONFIGURACION GEOLOGICA-TECTONICA

De acuerdo a los conceptos actuales de la teoría de tectónica de placas, existe una zona de convergencia entre la placa Sudamericana y la de Nazca que se extiende a lo largo de la fosa Peruano-Chilena (Figura 3), a partir de la cual la placa de Nazca, que se mueve en dirección al este, subduce debajo de la placa Sudamericana, que se mueve en sentido contrario. Este mecanismo, aparentemente, introduce un régimen de esfuerzos de compresión en esta última placa, el que domina la configuración estructural de la región que incluye a la provincia argentina de Mendoza. Dicho régimen de esfuerzos compresionales resulta responsable de la orientación y sentido del desplazamiento de las fallas activas y, por consecuencia, de la sismicidad de la zona.

Síntesis Geológica-Estructural de la Comarca Septentrional de Mendoza

La complejidad geológica estructural de la comarca septentrional de Mendoza está influenciada por las características tectónicas de tres provincias geológicas: Precordillera, Sierras Pampeanas Occidentales y Cerrillada Pedemontana Mendocina (Figura 4).

La Precordillera, como provincia geológica, es una de las que más interés despierta entre los investigadores por sus excepcionales secuencias del paleozoico y por su estilo estructural poco común. Dentro del contexto del Arco Andino, donde se encuentra incluida, se la puede considerar como un elemento anómalo especial de unión del Cratógeno Central Argentino (Sistema de Sierras Pampeanas) con el cinturón mesozoico de la Cordillera de los Andes. Una particularidad de este sistema morfoestructural es la de poder individualizar dentro de la misma, definidas variaciones estructurales y/o estratigráficas sin llegar a romper el estilo estructural que caracteriza a una provincia geológica, y definir subprovincias dentro de la misma.

La Precordillera Oriental que se extiende desde la provincia de La Rioja hasta el límite con la provincia de Mendoza es el nexo directo de todo el sistema precordillerano con las Sierras Pampeanas Occidentales. Su estilo se caracteriza por una tectónica sobreimpuesta con directo control en su evolución del sustrato cristalino. Está representada por fallas inversas, pliegues falla, de alto ángulo con buzamiento al este.

La Precordillera Central se extiende desde la provincia de La Rioja hasta el río Mendoza y se caracteriza por un sistema de fallas inversas, tipo sobrecorrimientos, de bajo ángulo, inclinando al oeste, acompañado de pliegues isopacos.

La Precordillera Occidental se desarrolla al oeste de la antigua unidad de Protoprecordillera en una serie de pequeñas cuencas alineadas, caracterizadas por suave plegamiento y fallas de alto ángulo buzantes al este.

La unidad morfoestructural de Precordillera a la luz de imágenes satelitarias y del estudio de formaciones antiguas, se observa que está claramente limitada por megafracturas primitivas de zócalo donde se asentaron las cuencas sedimentarias. Esta unidad se muestra controlada por un basamento rígido que ha reaccionado a los esfuerzos deformantes, fracturándose.

La Llanura nororiental mendocina está caracterizada por la presencia en subsuelo de bloques fallados de basamento metamórfico que conforman altos estructurales como un reflejo de las últimas estribaciones de las Sierras Pampeanas Occidentales. Datos de subsuelo indican que este sustrato está integrado por rocas de edad Precámbrica cubierto por terrenos continentales terciarios cuyo espesor disminuye hacia el sur.

El basamento de esta zona oriental de Mendoza, está fracturado en bloques separados por fallas de alto ángulo. Son principalmente fallas paralelas a los cordones montañosos precordilleranos, inversas en la casi totalidad de los casos, mientras que las transversales u oblicuas a los mismos son directas o de desplazamiento lateral.

A partir de los 33 de latitud sur se observan una serie de elevaciones de baja altura, conocidas como Cerrillada Pedemontana Mendocina. Por su localización entre dos grandes unidades geológicas desarrollan un estilo estructural particular, tal vez como una respuesta a la acción de los esfuerzos y control que ejercen dichas unidades. Estas elevaciones conforman extensos afloramientos de sedimentitas Triásicas y Terciarias de la cuenca Cuyana Norte. La misma es interpretada como una cuenca tafrogenética de

rumbo NNO-SSE, limitada por fallas directas donde se depositaron sedimentitas continentales clásticas y asociada a vulcanismo de tipo basáltico.

La Cerrillada Pedemontana Mendocina se caracteriza por conformar trenes estructurales separados por una cuenca asimétrica, limitados por fallas inversas de mediano ángulo, buzantes al oeste. Con nuevos datos aportados por pozos de exploración petrolífera e información sísmica, se puede argumentar que las fallas responden a un sistema de bloques compresivos del sustrato, con mediano ángulo, convergentes y subverticales en profundidad. Se asocian las mismas a pliegues e infracorrimientos.

En la Figura 5 se presentan las mayores fallas y sistemas estructurales condensadas en la Carta Geotectónica de Cuyo.

Fallamiento Cuaternario

A efectos de estimar el peligro sísmico potencial que afecta al Gran Mendoza, aunque sea en forma puramente cualitativa, es necesario localizar las evidencias de fallamiento cuaternario presentes dentro del marco tectónico local. Sin embargo este es un problema que aún no está resuelto claramente debido, fundamentalmente, a la falta de trabajos detallados sobre el tema. La bibliografía existente se refiere, casi por completo, a sectores pequeños y aislados, sin que se establezcan parámetros generales.

Los estudios y relevamientos realizados por el INPRES con motivo del terremoto del 26 de enero de 1985, que tomaron como base esos antecedentes, revisándose además algunos sitios típicos localizados en el piedemonte oriental de la Precordillera y de la Cerrillada Pedemontana, permitieron obtener el mapa de evidencias superficiales de fallamiento cuaternario que se presenta en la Figura 6. De su observación surge que es necesario e imprescindible realizar estudios detallados en cada una de estas fallas, tendientes a estimar el terremoto potencial máximo y los intervalos de recurrencia de diferentes magnitudes, a efectos de evaluar cuantitativamente el peligro sísmico. Sin embargo, resulta evidente que el Gran Mendoza está rodeado de fallas geológicas potencialmente peligrosas. Las más espectaculares son las del Cerro La Cal y del Challao-Cerro Petaca, individualizadas como 1 y 2 en la Figura 6.

La primera de ellas, reconocida en diversos trabajos del piedemonte mendocino, es una falla conjugada inversa, de rumbo N-S, buzando

al oeste entre 30 y 50 grados, de longitud aproximada a los 35 km y cuya prolongación al sur presenta una aparente continuidad bajo la propia ciudad de Mendoza.

La zona del Challao-Cerro Petaca, alineación montañosa conformada por un sistema de fallas cuaternarias descritas por diferentes autores, es un sistema compresivo de rumbo NO-SE. En algunos casos las escarpas de falla identificadas mediante fotos aéreas y mapas preexistentes, han sido cubiertas por el desarrollo urbano extendido al oeste del Gran Mendoza.

El resto de las fallas cuaternarias con evidencias superficiales, si bien localizadas a mayor distancia del núcleo urbano, no dejan de constituir un serio peligro potencial para el Gran Mendoza y otras poblaciones de la provincia, como quedó evidenciado en ocasión del terremoto del 26 de enero de 1985, que, aparentemente, podría haber estado asociado a la falla de Lunlunta-Barrancas, identificada como 3 en la Figura 6.

PELIGRO SISMICO RESULTANTE DE LOS ANTECEDENTES SISMICOS

Toda la Provincia de Mendoza está ubicada en una región sísmicamente activa, del lado este de la cordillera de Los Andes.

La distribución de actividad sísmica en profundidad (Figura 7) muestra que la placa subducida (placa de Nazca), moviéndose en dirección este respecto a la placa sudamericana, penetra debajo de ésta con un ángulo inicial de aproximadamente 25 grados. Sin embargo, a una profundidad de alrededor de 100 km, reduce su inclinación quedando casi horizontal. Por otra parte los sismos asociados a la placa sudamericana son superficiales, con profundidades de foco que no superan los 50 km. De ello resulta una disminución notable de la actividad sísmica entre los 50 y los 100 km, que correspondería a la región que separa la zona de subducción, asociada a la placa de Nazca, de la zona de terremotos de corteza, asociados a la placa sudamericana.

Teniendo en cuenta esta configuración sismotectónica, los terremotos que más interesan, desde el punto de vista del nivel de peligro sísmico, son los superficiales. Estos terremotos de la corteza terrestre están asociados a fallas activas que, algunas veces, tienen manifestaciones en la superficie, lo que ha sido analizado en el apartado anterior.

Sismicidad Regional y Local

La sismicidad es una medida de la frecuencia de los eventos sísmicos de diferentes magnitudes por unidad de tiempo, en una zona determinada.

La relación entre magnitud M y la frecuencia media de ocurrencia de terremotos por unidad de tiempo N , está dada por:

$$\log N = a - bM$$

siendo a y b constantes que caracterizan a cada zona sismotectónica.

Para el caso particular que nos ocupa, de acuerdo con los antecedentes sísmicos históricos y con las características sismotectónicas regionales, se ha considerado que el área de actividad sísmica asociada a terremotos que podrían afectar en mayor o menor grado al núcleo urbano del Gran Mendoza, está delimitada por los paralelos 30 y 34 de latitud sur y los meridianos 67.5 y 69.5 de longitud oeste (Figura 8). En ella se deben analizar, separadamente, la zona de actividad superficial y la de subducción.

Debido a que el intervalo de tiempo con información disponible se reduce en la relación inversa a la magnitud de los eventos sísmicos, se han tomado en cuenta, para este estudio, diferentes períodos de tiempo para distintos rangos de magnitudes.

Los resultados obtenidos se grafican en las Figuras 9 y 10 para los sismos superficiales y de la zona de subducción, respectivamente.

Del análisis de estos resultados se puede inferir la probabilidad de ocurrencia de futuros eventos sísmicos (P_T) en la región descrita precedentemente (entre 30 y 34 Sur y 67.5 y 69.5 Oeste), suponiendo que el nivel de actividad sísmica de los últimos doscientos años se mantendrá invariable, en promedio, en los próximos cien años.

$$P_T (M \geq m) = 1 - \exp (-\alpha T^{-\beta M})$$

Siendo $P_T (M \geq m)$ la probabilidad que ocurra en la región un terremoto de magnitud M mayor o igual a una magnitud mínima m , en un intervalo de tiempo T ,

$$\ln \alpha = a \ln 10; \quad \beta = b \ln 10$$

En la Tabla 1 se presentan las probabilidades de ocurrencia de diferentes magnitudes en toda la región considerada, para intervalos de tiempo de 10, 50 y 100 años.

Estos resultados muestran el elevado nivel de sismicidad que caracteriza a la región cuya actividad puede afectar, de alguna manera, al Gran Mendoza.

Terremotos Históricos Destructivos

En la región sísmicamente activa descrita en el punto anterior, han ocurrido numerosos terremotos que produjeron distintos índices de destructividad en el Gran Mendoza.

El análisis de la documentación disponible muestra que en los últimos 200 años ocurrieron no menos de 13 terremotos que, de alguna manera, ocasionaron daños en las construcciones del Gran Mendoza, lo cual significa intensidades de grado VI o mayor en la escala Mercalli Modificada (MM).

Sin embargo, para los primeros 200 años después de la fundación de la ciudad de Mendoza no se encuentra información referente a terremotos destructivos. Solamente se menciona que "antes de 1782 en Mendoza se habían experimentado algunos movimientos sísmicos algo considerables, como el terremoto que destruyó a la ciudad de Santiago de Chile el 13 de mayo de 1647, el de Concepción del 15 de mayo de 1657 y el del 8 de julio de 1730, que ocasionó grandes perjuicios en Santiago, Valparaíso, La Serena y Concepción". Todos ellos fueron terremotos con epicentro en la República de Chile.

Si bien algunos factores como: baja densidad de población, carencia de medios de información, dificultad en las comunicaciones, etc., pueden haber influido en parte para que los datos no sean totales, es evidente que la actividad sísmica se incrementa en esta zona a partir del terremoto que dañó a la ciudad de Mendoza en 1782, lo que demostraría una cierta periodicidad en los niveles de sismicidad, con intervalos de tranquilidad seguidos de periodos de gran actividad.

A partir del terremoto del 22 de mayo de 1782 que según un expediente de aquellos tiempos, "fue el más grande que se ha experimentado en

estas tierras y dejó en estado ruinoso a varios edificios", se incrementa la actividad sísmica en esta región produciéndose los eventos sísmicos que se detallan en la Tabla 2 y cuyos epicentros se grafican en la Figura 11. Sobre todos ellos existe abundante cantidad de relatos de época que permiten conocer, con bastante aproximación, la clase y distribución de los daños ocasionados por cada terremoto y estimar las intensidades máximas registradas en la ciudad de Mendoza.

Sin lugar a dudas, el terremoto del 20 de marzo de 1861 fue el que alcanzó mayor intensidad en Mendoza. Tomando en consideración la cantidad de habitantes y estimando el número de construcciones existentes en esa época, se llega a la conclusión que este terremoto fue el de mayor índice de destructividad de todos los ocurridos en la Argentina y uno de los primeros en todo el mundo.

Por tal motivo se ha intentado, a partir de la información histórica, estimar las principales características de este terremoto, especialmente la ubicación del epicentro, su magnitud, la distribución de intensidades en la zona de daños y los efectos sobre el terreno. Para ello se han analizado las numerosas narraciones de testigos presenciales, algunos de los cuales describen con lujo de detalle tanto la forma en que fue percibido el terremoto, como los efectos que produjo sobre las personas, las construcciones y el terreno y también el número de réplicas que sucedieron al sismo principal. Se presenta como Anexo 1 de este trabajo un resumen de tales descripciones, las que se han tomado como base para obtener las siguientes conclusiones:

a) El número de muertos, que da una idea inmediata sobre el poder destructivo del terremoto, estimado por diferentes testigos está tomado respecto a distintos totales de población. Mientras uno menciona 6.000 sobre un total de 9.000 habitantes en la ciudad de Mendoza, otro considera tres cuartas partes de 18.000, lo que hace suponer que incluye en este caso a las áreas que ahora están dentro del Gran Mendoza.

Estos valores nos indican que murieron, como consecuencia de este terremoto no menos de las dos terceras partes de la población, lo cual constituye una catástrofe pocas veces superada en el mundo entero.

b) Por el tiempo transcurrido entre el momento de percibirse el terremoto, que corresponde a la llegada de las ondas longitudinales, y el comienzo de la gran destrucción, coincidente con el arribo de las ondas transversales,

estimado entre 3 y 5 segundos, el foco del terremoto se ubicó a no menos de 20 km y a no más de 40 km de la ciudad de Mendoza.

c) Por el sentido predominante en la caída de las paredes y en la oscilación de objetos colgados, por las características de algunos daños, especialmente en los arcos de las iglesias y en las paredes orientadas de este a oeste y por la distribución de la zona dañada comparada con terremotos más recientes, el foco se localizó en dirección más o menos al sur de la ciudad de Mendoza.

d) La intensidad en la ciudad de Mendoza, San Vicente (Godoy Cruz) y San Nicolás (Las Heras), alcanzó, por lo menos, el grado IX en la escala Mercalli Modificada (MM).

e) La isosista correspondiente a intensidad VI MM, que encierra la zona de daños, comprende las localidades de Uspallata, San Carlos, San Martín y Jocolí.

f) La expulsión de agua del suelo durante el terremoto dejando como testigos los pequeños volcanes de arena y barro, así como los extensos hundimientos y grietas del terreno, son indicios seguros de haberse producido el fenómeno de licuación de suelos, lo que involucra altos valores de aceleración del terreno mantenidos durante un intervalo considerable de tiempo.

g) Se estima la magnitud de este terremoto entre 6.5 y 7 grados de la escala de Richter (Ms), teniendo en cuenta la extensión del área dañada y también el grado de intensidad alcanzado en ciudades alejadas del área epicentral como Córdoba (I = IV MM) y Capital Federal (I = II MM), comparado con otros terremotos ubicados en la misma región tectónica como los de San Juan de 1894, 1944, 1952 y 1977.

h) El notablemente elevado número de réplicas sentidas en la ciudad de Mendoza, cuya gráfica se presenta en la Figura 12, es evidencia de que el foco del terremoto fue muy superficial y muy próximo a esta ciudad.

Teniendo en cuenta que el pueblo y gobierno de Mendoza tienen aún fresco en la memoria el recuerdo del último terremoto que soportaron el día 26 de enero de 1985, resulta apropiado comparar los parámetros más destacados de ambos eventos sísmicos para sacar algunas conclusiones. Así

vemos que:

- La magnitud del terremoto de 1861 fue, aproximadamente, un grado superior a la del de 1985, lo que representa unas 30 veces mayor cantidad de energía de deformación liberada en forma de ondas elásticas.
- La intensidad máxima promedio del terremoto de 1861 fue, no menos de dos grados superior a la del de 1985, lo cual significa mayores aceleraciones medias del movimiento del suelo y, lo que es más importante, mantenidas durante un intervalo de tiempo considerablemente mayor.
- El terremoto de 1861 produjo alteraciones en el terreno, lo que no ocurrió durante el de 1985, lo que fue consecuencia de lo manifestado en el párrafo anterior.

Estas comparaciones nos permiten demostrar fácilmente que el terremoto del 26 de enero de 1985 está muy lejos de representar el terremoto de mayor destructividad que afectó al Gran Mendoza, el que, por su magnitud, posiblemente no represente tampoco al terremoto máximo potencial que pueda ocurrir en el área.

Por otra parte es interesante mencionar que, de acuerdo al informe oficial del gobierno de Mendoza, el terremoto de 1985 dejó como saldo alrededor de 12.000 viviendas inhabitables, lo que constituye un serio llamado de atención respecto a lo que puede ocurrir en el futuro, teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto.

PERDIDAS MAXIMAS PROBABLES

Una forma de expresar el nivel de riesgo sísmico asociado a las construcciones es mediante la estimación de las pérdidas máximas probables (PMP) debidas a terremotos. Esto puede lograrse si se considera simultáneamente el peligro sísmico existente en un sitio y la capacidad sismorresistente de las estructuras allí construídas, entendiéndose por peligro sísmico a la función de probabilidad de ocurrencia de las amplitudes máximas de movimiento del suelo correspondiente a un determinado intervalo de tiempo.

Para obtener esa función de probabilidad en forma completa se

deben analizar en conjunto los tres factores que la determinan, que son: la potencialidad sísmica de cada fuente sismogénica, la atenuación de la energía sísmica con la distancia y el comportamiento del suelo ante el efecto sísmico. Esto requiere conseguir una voluminosa, sofisticada y costosa información, lo que no está dentro del alcance de este trabajo. Como alternativa se ha optado por la forma simplificada de estimar la probabilidad de ocurrencia de intensidades sísmicas en el Gran Mendoza en función de las experimentadas durante los terremotos históricos. Para ello se acepta la hipótesis de que la distribución temporal de intensidades máximas pasadas constituye una muestra representativa de lo que, en promedio puede ocurrir en el futuro.

Estimación del Peligro Sísmico

La probabilidad de excedencia de una amplitud, a , en un tiempo, t , en un sitio determinado, está dada por

$$P \left[A_{\max} > a \right] = 1 - e^{-\gamma t}$$

donde:

$$\gamma = \sum_{i=1}^n \gamma_i = \sum_{i=1}^n P \left[A > a \mid E_i \right] \lambda_i$$

es el número esperado de excedencias en el sitio, el cual se obtiene como la suma de las excedencias para cada fuente. λ_i es la razón media anual de ocurrencia de eventos sísmicos, con magnitud $M \geq M_0$, en la fuente i .

El correspondiente periodo de retorno, en años, de cada $A > a$ será:

$$T_a = \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n P \left[A > a \mid E_i \right] \lambda_i}$$

Para periodos de retorno suficientemente grandes (mayores de 10 años), se puede relacionar en forma aproximada la probabilidad de excedencia anual, $P [A_{\max} > a]_{t=1}$, con el periodo de recurrencia, T_a , de la siguiente forma:

$$P [A_{\max} > a]_{t=1} \cong 1 - \left\{ 1 - \sum_{i=1}^n P [A > a | E_i] \lambda_i \right\} \\ \cong \sum_{i=1}^n P [A > a | E_i] \lambda_i = \frac{1}{T_a}$$

resultando que la probabilidad de excedencia de una cierta amplitud máxima puede estimarse directamente como la inversa del intervalo de recurrencia de dicha amplitud.

Una vez conocidas las probabilidades de excedencia para diferentes amplitudes máximas, se pueden calcular directamente las correspondientes probabilidades de ocurrencia como la diferencia entre las sucesivas probabilidades de excedencia.

En el caso particular del Gran Mendoza se obtuvo, a partir del estudio de los terremotos históricos, la relación entre intensidades máximas y periodo de recurrencia, que se presenta graficada en la Figura 13. Posteriormente, empleando los fundamentos descritos en los párrafos anteriores, se estimaron las probabilidades de excedencia y de ocurrencia que se presentan en la Tabla 3. Se han tomado intervalos de aceleración máxima del suelo para cada grado de intensidad de acuerdo a los criterios actuales.

Distribución y características de las construcciones del Gran Mendoza

El Gran Mendoza presenta como edificación típica, salvo en el microcentro, construcciones bajas, en su mayoría de una planta, destinadas a viviendas o pequeños comercios.

Desde el punto de vista de su resistencia al sismo éstas pueden agruparse como: sismorresistentes, por haber sido diseñadas y

construídas de acuerdo a las reglamentaciones vigentes en su momento que consideraban de alguna manera el efecto sísmico; o no sismorresistentes, que normalmente son de adobe, de mampostería antigua o mixtas.

Las construcciones típicas de adobe del Gran Mendoza que, en general, son viviendas permanentes, no pueden clasificarse como precarias o de emergencia, ya que presentan las siguientes características:

- Cimientos comunes de piedra apisonada con mortero de cal.
- Muros de adobe de 0.30 m a 0.40 m de espesor con alturas que varían de 3 m a 3.50 m.
- Techos de madera, caña y barro. La estructura del techo en general está constituída por vigas o rollizos de madera dispuestos en una dirección, con alfajías o tirantes en la otra dirección. Sobre ella se disponen cañas que se cubren con barro y luego una cubierta hidrófuga.
- En general, los adobes son de barro y paja, con un buen cortado. Se unen entre sí mediante mortero y barro.
- Poseen aberturas (puertas y ventanas) de tipo convencional económico y de dimensiones normales (puertas de 0.70 m a 0.80 m de ancho por 2 m de altura y ventanas de 1 m a 1.20 m de alto, con anchos diversos).
- Baños con instalaciones standard y en muchos casos con agua caliente y revestimientos tipo "vicri" o azulejos.
- En muchos casos poseen cielorrasos.
- Los muros son revocados a la cal y pintados.
- Pisos de tipo calcáreo. En algunos casos, en ciertos ambientes son graníticos o parket.
- Las fachadas tienen cierta calidad de terminación.
- Sobre las aberturas, en determinados casos, se disponen dinteles de hormigón armado; en otros, rollizos de madera.
- Las construcciones no poseen previsiones sismorresistentes de importancia (tales como encadenados de hormigón armado o de madera).

Las construcciones mixtas, en su mayoría también de una planta destinada a vivienda, se caracterizan por presentar los muros de la fachada frontal y, a veces algunos muros internos, de mampostería de ladrillos cerámicos macizos y el resto de adobe con las mismas características que las descritas anteriormente.

Los edificios que aquí catalogamos como sismorresistentes son aquéllos que fueron construídos de acuerdo a reglamentaciones específicas para soportar acciones sísmicas. En general, estas reglamentaciones fueron

establecidas por ordenanzas municipales. Así fue que la Municipalidad de la Capital de Mendoza, por Ordenanza 1101 del 26 de agosto de 1927, puso en vigencia las "Normas Generales de Cálculo sobre Temblores", que fueron ampliadas por una nueva Ordenanza (3824) del 25 de agosto de 1944. Finalmente por Decreto 2241 del Gobierno de Mendoza se pone en vigencia el "Código de Construcciones Antisísmicas" (CCA) el 23 de junio de 1970. Esto muestra que la capacidad de resistencia al sismo no es uniforme en todas las construcciones del Gran Mendoza, aunque a todas ellas las consideramos sismorresistentes.

Es importante hacer notar que toda acción de gobierno en esta materia fue impulsada por la ocurrencia de terremotos destructivos. Así la primera ordenanza fue consecuencia del terremoto del 14 de abril de 1927, la segunda, que ampliaba la anterior, fue consecuencia del terremoto del 15 de enero de 1944 y la Comisión que elaboró el CCA se constituyó inmediatamente después del terremoto del 25 de abril de 1967.

En la Tabla 4 se presenta un resumen de la distribución y características de la edificación del Gran Mendoza.

Estimación de pérdidas potenciales

La estimación de pérdidas potenciales debidas a terremotos, en edificios existentes, resulta de combinar en forma adecuada la función de probabilidad de ocurrencia de diferentes intensidades, $P (MM = i)$, con la función de vulnerabilidad de cada edificio o tipo de edificio, V_i . Esta última función relaciona cada rango de intensidad con el nivel de daño que esa intensidad produce en un determinado tipo de edificio, expresado como fracción de su valor total.

Para un determinado tipo de edificio, denominamos pérdida específica, PE , a la sumatoria de los productos de las probabilidades de ocurrencia de cada intensidad por las vulnerabilidades respectivas.

$$PE = \sum_{i=I_{(min)}}^{i=I_{(max)}} P (IMM = i) \cdot V_i$$

En un conjunto de construcciones, donde hay desde 1 hasta j diferentes tipos de edificios, las pérdidas máximas probables resultarán de sumar los productos de las pérdidas específicas por el número de edificios, N_j , para los j tipo de edificios.

$$PMP = \sum_j PE_j \cdot N_j$$

Para el caso particular del Gran Mendoza se adoptó la función de vulnerabilidad que se muestra en la Figura 14. Estas curvas constituyen un promedio de las propuestas de diferentes autores, que para el caso de la Argentina han respondido en forma bastante aproximada al comportamiento de los edificios de la región durante el terremoto de Cauce de 1977 y el terremoto de Mendoza de 1985.

Se han considerado solamente dos tipos de edificios: sismorresistentes y no sismorresistentes, agrupando en estos últimos tanto a las construcciones de adobe como a las de mampostería antigua. Además no se le ha dado un tratamiento especial a los edificios en altura. Todo esto por no disponerse en la actualidad de datos precisos y suficientes. Sin embargo, los resultados que se obtengan cumplen con la finalidad del presente trabajo.

Las pérdidas máximas probables se obtendrán como:

$$PMP = PE_S \cdot N_S + PE_{NS} \cdot N_{NS}, \text{ siendo:}$$

PE_S la pérdida específica para edificios sismorresistentes.

N_S el número de edificios sismorresistentes.

PE_{NS} la pérdida específica para edificios no sismorresistentes.

N_{NS} el número de edificios no sismorresistentes.

Teniendo en cuenta que los datos disponibles están expresados en superficie cubierta para cada tipo de construcción, se tomó en esta estimación el número equivalente de edificios de 100 m^2 , por ser ésta la superficie representativa de las construcciones existentes en la zona.

Para estimar las PMP se considera el costo de la construcción no sismorresistente como la mitad del de la sismorresistente. En cambio se toma toda como construcción sismorresistente para calcular el costo de reposición, ya que las reglamentaciones vigentes así lo exigen.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5.

CONCLUSIONES

El análisis efectuado en este trabajo, de tipo global y parcialmente cuantitativo, muestra claramente que el área donde se asienta el Gran Mendoza puede considerarse de muy elevado nivel de peligro sísmico, ya que:

- El esquema geológico-tectónico regional se caracteriza por un régimen de esfuerzos de compresión, dominante de la configuración estructural de la región y responsable de la orientación y sentido del desplazamiento de las fallas activas y, por consecuencia, de la sismicidad de la zona.
- El marco tectónico local presenta fallas, muy próximas al Gran Mendoza, con evidencias de movimientos cuaternarios, cuya potencialidad sísmica es necesario evaluar detalladamente.
- El nivel de actividad sísmica regional y local indica que el área puede considerarse como muy activa sísmicamente.
- Los terremotos destructivos que de alguna manera afectaron al Gran Mendoza (I MM \geq VI), si bien de moderada magnitud, han tenido un intervalo medio de recurrencia de 10 años desde el de 1861.
- El terremoto del 20 de marzo de 1861 fue el de mayor intensidad que afectó al Gran Mendoza, alcanzando, como mínimo, el grado IX MM. Este sismo, que podría no ser el terremoto potencial máximo esperado, indica, sin lugar a dudas, los altos niveles de amplitud de movimiento del suelo que pueden alcanzarse en esta área.

Estos resultados, combinados adecuadamente con el número y la capacidad sismorresistente de la edificación actual, permiten constatar el

alto grado de riesgo sísmico a que está expuesto este conglomerado urbano, el cual queda expresado en los siguientes términos:

- El total de la edificación actual del Gran Mendoza alcanza a 21,6 millones de metros cuadrados de superficie cubierta, de los cuales el 36%, o sea 7,8 millones no posee ningún tipo de resistencia al sismo.

- De mantenerse en la región el régimen de actividad sísmica que ha caracterizado a los últimos 200 años, se estima que las Pérdidas Máximas Probables debidas a terremotos, en los próximos 30 años, serán equivalentes al costo de alrededor de 6.300 viviendas sismorresistentes de 100 metros cuadrados de superficie cubierta y de 23.100 viviendas no sismorresistentes de igual superficie.

- El costo de reposición de esas 29.400 viviendas, que por las reglamentaciones vigentes deben ser todas sismorresistentes, se estima en alrededor de 1.000 millones de dólares.

- La cantidad de víctimas que podrían causar los terremotos en el Gran Mendoza dependerán de diversos factores como hora de ocurrencia, distancia desde el foco, magnitud, duración de la fase intensa, etc., existiendo la posibilidad que el número sea elevado en caso que dichos factores se combinen de la peor manera para la seguridad de la población.

- Si bien no se han tomado en cuenta en este análisis las obras de infraestructura económica que rodean al Gran Mendoza, es evidente que, también dependiendo de los factores previamente enumerados, pueden producirse daños de diverso grado en caminos, canales de irrigación, terrenos de cultivos, pozos para extracción de petróleo, pozos para extracción de agua de regadío, etc., cuya evaluación es más complicada y no se ha considerado en este trabajo.

RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que el único objetivo de este trabajo es advertir, en forma documentada sobre el elevado nivel de riesgo sísmico a que está expuesto el Gran Mendoza, con el propósito de aportar información e

ideas que permitan mejorar las medidas de prevención sísmica tendientes a proteger la vida de los habitantes y minimizar los daños emergentes de la probable ocurrencia de terremotos destructivos, se recomienda realizar las tareas necesarias para optimizar la planificación, incorporando la totalidad de los factores derivados del alto nivel de riesgo sísmico a que está sometida esta región.

A tal efecto, para cubrir cada uno de los diferentes momentos en que es menester la acción gubernamental frente al problema sísmico, se aconseja llevar a cabo los estudios necesarios para obtener la información básica indispensable para efectuar dicha planificación, que en síntesis, consiste en:

a) Planificación para la emergencia.

Requiere conocer la distribución areal del riesgo sísmico en sus diferentes niveles de probabilidad, para planificar la acción a emprender inmediatamente después de ocurrido un terremoto. Esto incluye rescate de víctimas; atención y transporte de heridos, alternativas para su evacuación; edificios a transformar en hospitales de emergencia con su correspondiente material, inhumación de cadáveres; refugios para los damnificados; limpieza de vías de comunicación de emergencia; remoción, transporte y depósito de escombros; suministro de agua potable y víveres, etc.

b) Planificación para la reconstrucción.

Requiere conocer la cuantía y distribución de las distintas alternativas de daños probables para los diferentes grados de intensidad sísmica, a efectos de planificar la reconstrucción de la zona afectada.

Este aspecto de la planificación puede ser parte de la de emergencia, disponiendo de predios fiscales diagramados con una urbanización básica y fácil acceso al agua potable, que inmediatamente después del terremoto se utilizan como áreas de albergues transitorios tipo carpa y que luego se terminan de urbanizar y se destinan a la reconstrucción.

c) Planificación para minimizar los efectos de los terremotos (Prevención Sísmica).

Requiere, durante los periodos de calma que transcurren entre

terremotos destructivos, incentivar los estudios sobre los distintos aspectos del problema sísmico, tendientes a actualizar las reglamentaciones sismorresistentes vigentes, acompañadas de la permanente acción de gobierno para hacerlas cumplir.

d) Planificación del uso del suelo.

Requiere conocer la distribución espacial del peligro sísmico, lo que incluye, no sólo estimar las amplitudes máximas del movimiento del suelo para diferentes rangos de probabilidad, sino también los posibles efectos de los terremotos sobre el terreno como licuación o fallamiento. De esta manera se logrará planificar racional y científicamente el uso del suelo en sus diferentes aspectos.

Para concretar esta propuesta, que debe ser ejecutada por especialistas en planificación, es imprescindible contar con la información básica, la cual se obtiene de un eficiente estudio de microzonificación sísmica. Sin embargo, se puede avanzar considerablemente en la preparación de esta planificación utilizando los datos con que se cuenta en la actualidad.

Los antecedentes disponibles nos dejan dos enseñanzas que deben ser aprovechadas: la primera es que el Gran Mendoza ha experimentado, periódicamente, terremotos de distinto grado de destructividad, que de acuerdo a diferentes evidencias volverán a repetirse; en tanto que la segunda indica que, en general, la acción de gobierno ha sido posterior a la ocurrencia de tales eventos sísmicos y no ha tenido continuidad en el tiempo. Las condiciones están dadas, en la actualidad, para que esa situación se revierta y que al riesgo sísmico se le de la importancia que debe tener como condicionante del desarrollo socio-económico de la zona.

BIBLIOGRAFIA

- ALFONSO Y OTROS. 1984. Análisis litoestratigráfico de las unidades Triásicas del subsuelo en el sector septentrional de la Cuenca Cuyana, Mendoza. IX Congr.Geol.Arg. Actas I: 1-24. Bariloche.

- BALDIS Y OTROS. 1982. Síntesis evolutiva de la Precordillera Argentina. V Congr.Latinoamericano de Geología. Argentina. Actas IV: 399-445.
- BETTINI, F. 1980. Nuevos conceptos tectónicos del Centro y borde occidental de la cuenca Cuyana. Rev. Asoc. Geol. Arg. N 4. Buenos Aires.
- CASTANO, J.C. Y MILLAN, M.H. 1984. Earthquake damage and loss estimates in Mendoza city, Argentina. Reunión General Proyecto SISRA, San Juan, Argentina.
- COMITE CENSAL PROVINCIAL. 1980. Censo Nacional de Población y Vivienda 1980. Resultados Provisorios Corregidos. Mendoza, Argentina.
- DIRECCION PROVINCIAL DE CATASTRO DE LA PROVINCIA DE MENDOZA. 1986. Relevamiento de edificios. Comunicación Personal.
- GOBIERNO DE MENDOZA. 1981. Anuario Estadístico 1979-1980. Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas. Mendoza.
- INPRES. 1985. El Terremoto de Mendoza, Argentina, del 26 de enero de 1985. Informe General. Instituto Nacional de Prevención Sísmica. Argentina.
- MOREY, F. 1938. Los Temblores de Tierra. Mendoza Sísmica. Imp.D Accurzio. Mendoza.Argentina.
- PERUCCA, J.C. Y OTROS. 1979. Carta Geotectónica de Cuyo. Instituto de Investigaciones Geológicas. Fac.Cien.Ex.Fís.y Nat. Universidad Nacional de San Juan. Bol.N 4.
- Revista de la Junta de Estudios Históricos de Mendoza. 1938. El terremoto de Mendoza del 20 de marzo de 1861. Vol. X. Mendoza, Argentina.
- ROLLERI, E.O. y P.CRIADO ROQUE. 1968. La cuenca triásica del Norte de Mendoza. III Jorn.Geol.Arg. T.I. Buenos Aires.
- ROLLERI, E.O. y C.F.GARRASINO. 1979. Comarca septentrional de Mendoza.

Geología Regional Argentina. Academia de Ciencias. Córdoba.

- SAUTER, F., MC CANN, M.W. and SHAH, H.C. 1980. Determination of Damage Ratios and Insurance Risks or Seismic Regions. Proceedings of the seven WCEE, Istanbul, Turkey, Vol. 9, pp.263-270.
- VERDAGUER, JUAN. 1920. Lecciones de Historia de Mendoza. Epoca Colonial. Editorial Verdaguer. Mendoza, Argentina.
- VERDAGUER, JOSE. 1935. Historia de Mendoza. Editorial Verdaguer. Mendoza. Argentina.
- ZAMARBIDE, J.L., CASTANO, J.C. y GIULIANO, A.P. 1984. Potential Damageability due to Earthquakes in the Tulum Valley, San Juan, Argentina. Proceedings Eighth World Conference on Earthquake Engineering. San Francisco (Ca.). USA.
- ZAMBRANO, J.J. 1978. Interpretación geológica preliminar del subsuelo de la zona Norte. Sector Occidental. Poia. de Mendoza. Publicación N P-203. Serie Técnica. C.R.A.S.

TABLA 1

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE TERREMOTOS EN LA REGION

a) Terremotos Superficiales

MAGNITUD (Ms)	Probabilidad de Ocurrencia		
	T = 10 años	T = 50 años	T = 100 años
5.5	42.53 %	95.11 %	99.76 %
6.0	27.55 %	80.09 %	96.03 %
6.5	15.82 %	57.74 %	82.14 %
7.0	8.76 %	36.80 %	60.06 %
7.5	4.79 %	21.77 %	38.80 %

b) Terremotos de la Zona de Subducción

MAGNITUD (Ms)	Probabilidad de Ocurrencia		
	T = 10 años	T = 50 años	T = 100 años
5.5	38.13 %	90.94 %	99.17 %
6.0	23.30 %	73.05 %	92.74 %
6.5	9.77 %	40.20 %	64.23 %
7.0	4.67 %	21.27 %	38.01 %
7.5	2.18 %	10.47 %	19.85 %

TABLA 2

TERREMOTOS DESTRUCTIVOS QUE AFECTARON AL GRAN MENDOZA

=====									
No	Fecha	Hora	(GMT)	Lat (S)	Long (O)	H (Km)	MAG	I (MAX)MM	en Gran
									Mendoza
=====									
1	22 05 1782	16 00	0.00	33.0	69.2	Sup.	7.0 Ms	VIII	
2	20 03 1861	23 00	0.00	32.9	68.9	Sup.	7.0 Ms	IX	
3	19 08 1880	01 15	0.00	33.0	69.0	Sup.	5.5 Mb	VI	
4	27 10 1894	19 30	0.00	30.5	68.4	Sup.	7.5 Ms	VI	
5	12 08 1903	23 00	0.00	32.1	69.1	Sup.	6.0 Ms	VII	
6	27 07 1917	02 51	40.00	32.3	68.9	Sup.	6.5 Ms	VII	
7	17 12 1920	18 59	49.00	32.7	68.4	Sup.	6.0 Ms	VI	
8	14 04 1927	06 23	28.00	32.0	69.5	110.0	7.1 Ms	VII	
9	23 05 1929	05 04	00.00	32.9	68.9	30.0	5.7 Mb	VI	
10	15 01 1944	23 49	27.00	31.4	68.4	30.0	7.4 Ms	VI	
11	25 04 1967	10 36	15.00	32.7	69.1	45.0	5.4 Mb	VI	
12	23 11 1977	09 26	24.70	31.0	67.7	13.0	7.4 Ms	VII	
13	26 01 1985	03 07	00.00	33.1	68.8	12.0	6.0 Mb	VIII	
=====									

TABLA 3

PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA Y OCURRENCIA PARA
DIFERENTES INTENSIDADES EN EL GRAN MENDOZA

ACEL MAX (% g)	PERIODO RECURRENCIA	PROBABILIDAD EXCEDENCIA	
		ANUAL	30 AÑOS
5	1	1	1
5	5	0,20000	0,9975
10	15	0,06666	0,8647
20	53	0,01886	0,4322
35	200	0,00500	0,1393
50	600	0,00166	0,0488

RANGOS ACEL. (% g)	I (MM)	PROBABILIDAD OCURRENCIA	
		ANUAL	30 AÑOS
P (0 < A < 5)	P (I < VI)	0,80000	--
P (5 ≤ A < 10)	P (I = VI)	0,13334	0,1328
P (10 ≤ A < 20)	P (I = VII)	0,04780	0,4325
P (20 ≤ A < 35)	P (I = VIII)	0,01386	0,2929
P (35 ≤ A < 50)	P (I = IX)	0,00334	0,0905
P (A ≥ 50)	P (I ≥ X)	0,00166	0,0488

TABLA 4
DISTRIBUCION Y CARACTERISTICAS DE LA EDIFICACION DEL GRAN MEMDOZA (1)

		CANTIDAD DE EDIFICIOS		SUPERFICIE CUBIERTA (m ²)	
DEPARTAMENTO	DISTRITO	SISMO RESISTENTE	NO SISMO RESISTENTE	SISMO RESISTENTE	NO SISMO RESISTENTE
CAPITAL	01	14057	9627	4363888	2024683
TOTAL CAPITAL	01	14057	9627	4363888	2024683
GODOY CRUZ	01	10284	7444	1804683	1195615
	02	2234	215	374783	36300
	03	3776	998	473593	161359
	04	3614	1040	444695	156424
	05	2037	103	313379	15374
TOTAL G.CRUZ		21945	9800	3411133	1565072
GUAYMALLEN	01	5026	2479	703510	369477
	02	1888	1786	365111	307494
	03	1168	1370	175313	223039
	04	339	513	42773	81992
	05	3010	2070	335693	261708
	06	478	625	74729	107037
	07	936	1035	186813	181340
	08	7414	1523	1007176	262788
	09	1656	665	206733	86367
	10	61	131	11011	21394
	11	146	126	19238	17125
	12	1475	1285	186265	179128
TOTAL GUAYM.(2)		25072	14893	3500630	2278017
LAS HERAS	03	200	494	23605	52233
	04	214	399	71086	73827
	05	2912	231	243138	15391
	06	233	107	76284	11205
	07	503	844	60809	114015

(continuación Tabla 4)

	08	3462	4214	534623	585059
	09	2589	1487	280988	158419
	10	1907	339	180177	36804
TOTAL L.HERAS (2)		12020	8115	1470710	1046953
MAIPU	01	3413	2415	466922	398047
	02	3783	2224	437968	351553
TOTAL MAIPU (2)		7196	4639	904890	749600
LUJAN	02	217	220	39985	35547
	14	1605	291	156715	66296
TOTAL LUJAN (2)		1822	511	196700	101843

=====

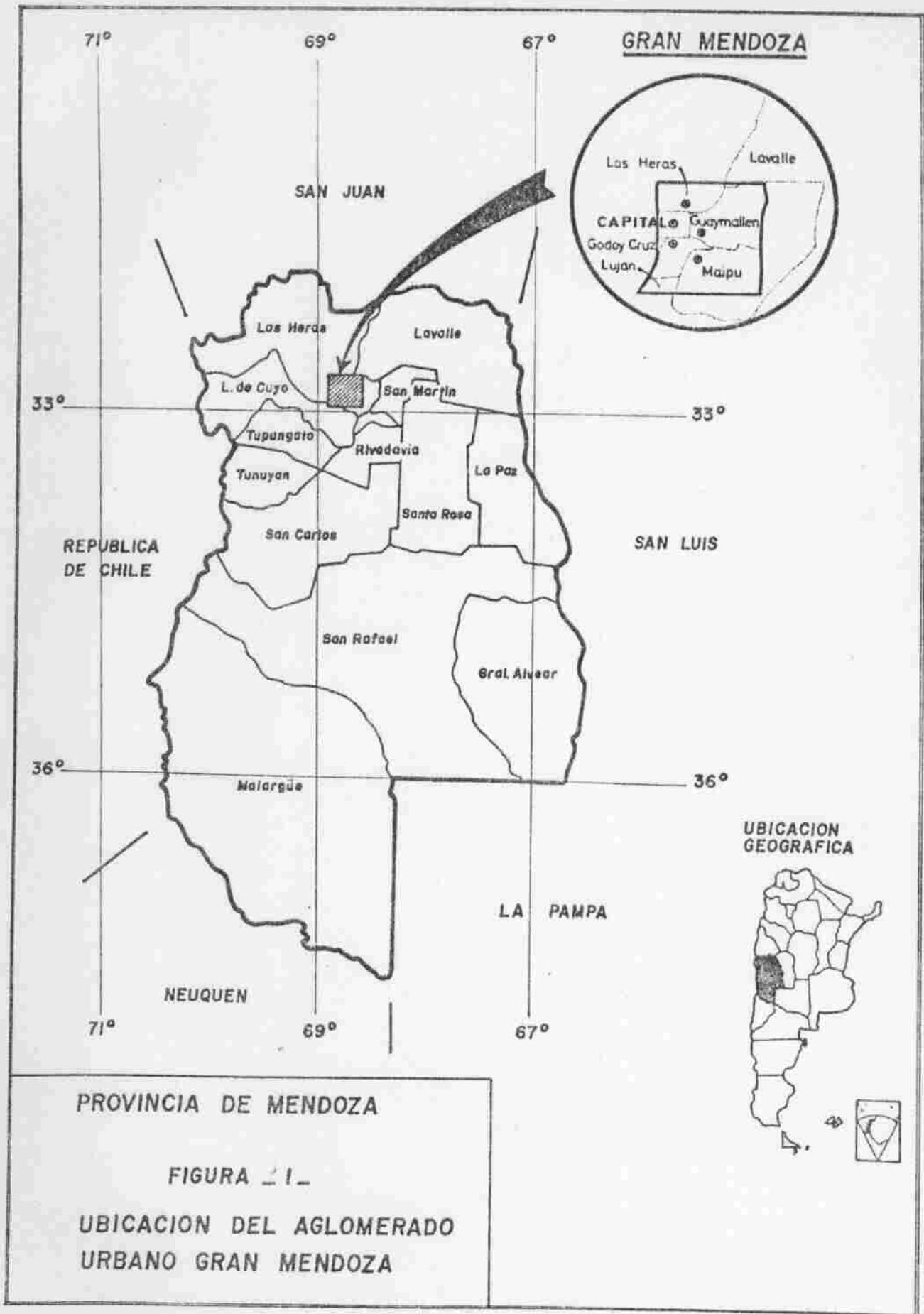
(1) Datos obtenidos en la Dirección Provincial de Catastro de la Provincia de Mendoza.

(2) Solamente para los distritos considerados dentro del Gran Mendoza.

TABLA 5

ESTIMACION DE PERDIDAS MAXIMAS PROBABLES EN
CONSTRUCCIONES EN EL GRAN MENDOZA

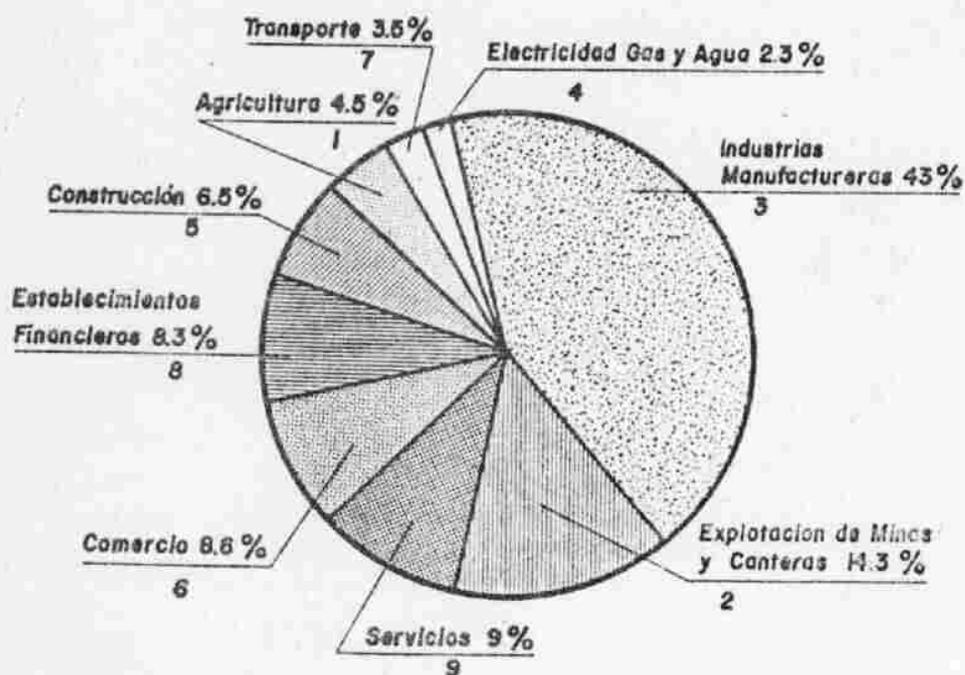
=====						
NUMERO EQUIVALENTE DE EDIFICIOS DE 100 m ² DE SUP.CUBIERTA						
DEPARTAMENTO	SISMORRES.	%	PMP EN 30 AÑOS	NO SISMORRES.	%	PMP EN 30 AÑOS
=====						
CAPITAL	43639	68.3	1986	20247	31.7	6028
GODOY CRUZ	34111	68.5	1552	15651	31.5	4659
GUAYMALLEN	35006	60.7	1592	22780	39.3	6782
LAS HERAS	14707	58.4	669	10470	41.6	3117
MAIPU	9049	54.7	412	7496	45.3	2232
LUJAN	1967	65.9	89	1018	34.1	303
=====						
TOTAL						
GRAN MENDOZA	138479	64.1	6300	77662	35.9	23121
=====						
PMP (en dólares)			125.000.000			230.000.000
COSTO REPOSICION						
(en dólares)			250.000.000			700.000.000
=====						



PROVINCIA DE MENDOZA

FIGURA 21

UBICACION DEL AGLOMERADO
URBANO GRAN MENDOZA



- 1- Agricultura, Caza, Silvicultura y Pesca
- 2- Explotación de Minas y Canteras
- 3- Industrias Manufactureras
- 4- Electricidad, Gas y Agua
- 5- Construcción
- 6- Comercio al por Mayor y al por Menor y Restaurantes y Hoteles
- 7- Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones
- 8- Establecimientos Financieros, Seguros, Bienes Inmuebles y Servicios Prestados a las Empresas
- 9- Servicios Comunales, Sociales y Personales

FIGURA - 2 -

PARTICIPACION RELATIVA DE LOS COMPONENTES
DEL P.B.I. DE MENDOZA

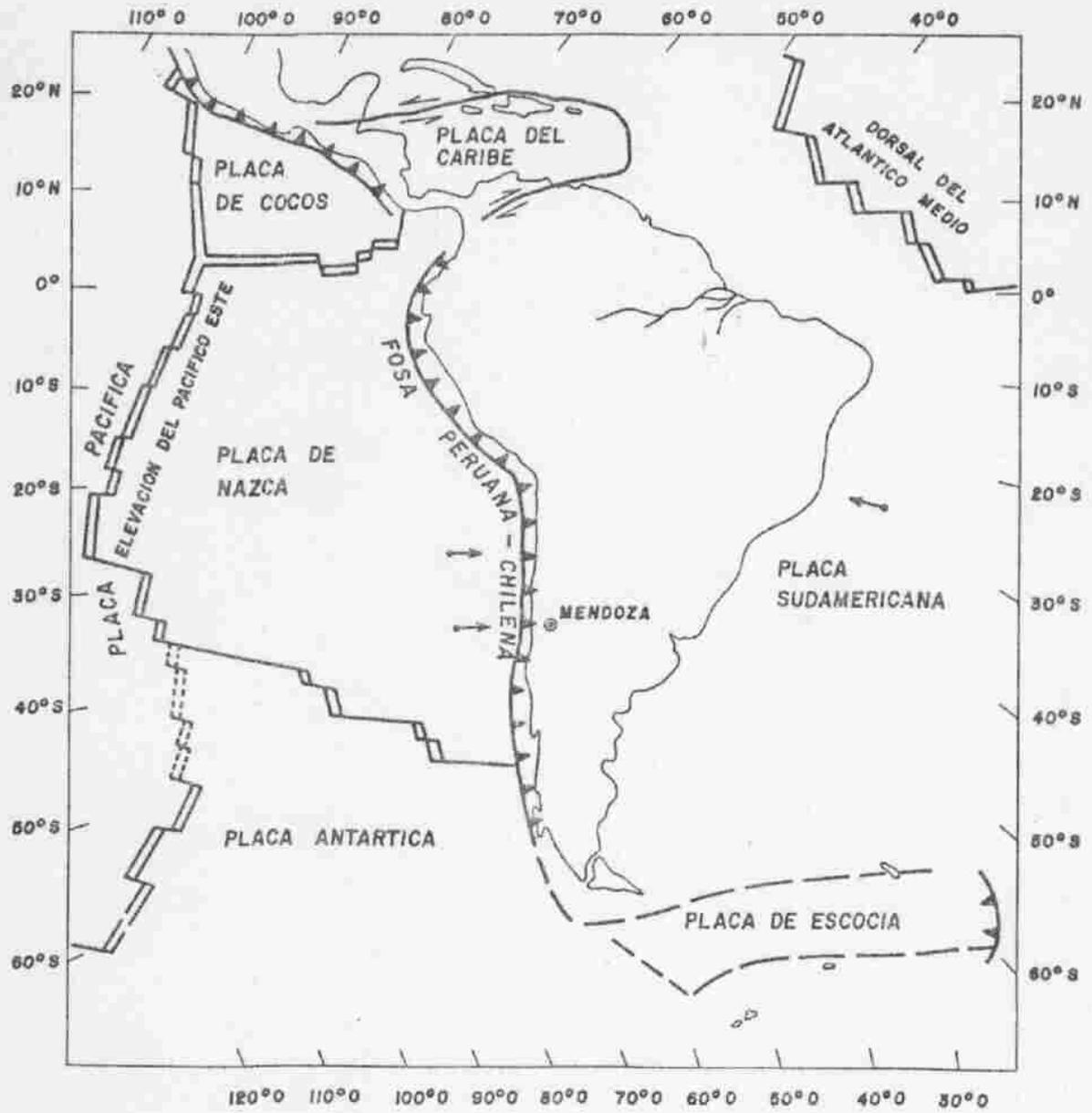


FIGURA _3_ UBICACION DE MENDOZA EN EL ESQUEMA DE TECTONICA DE PLACAS

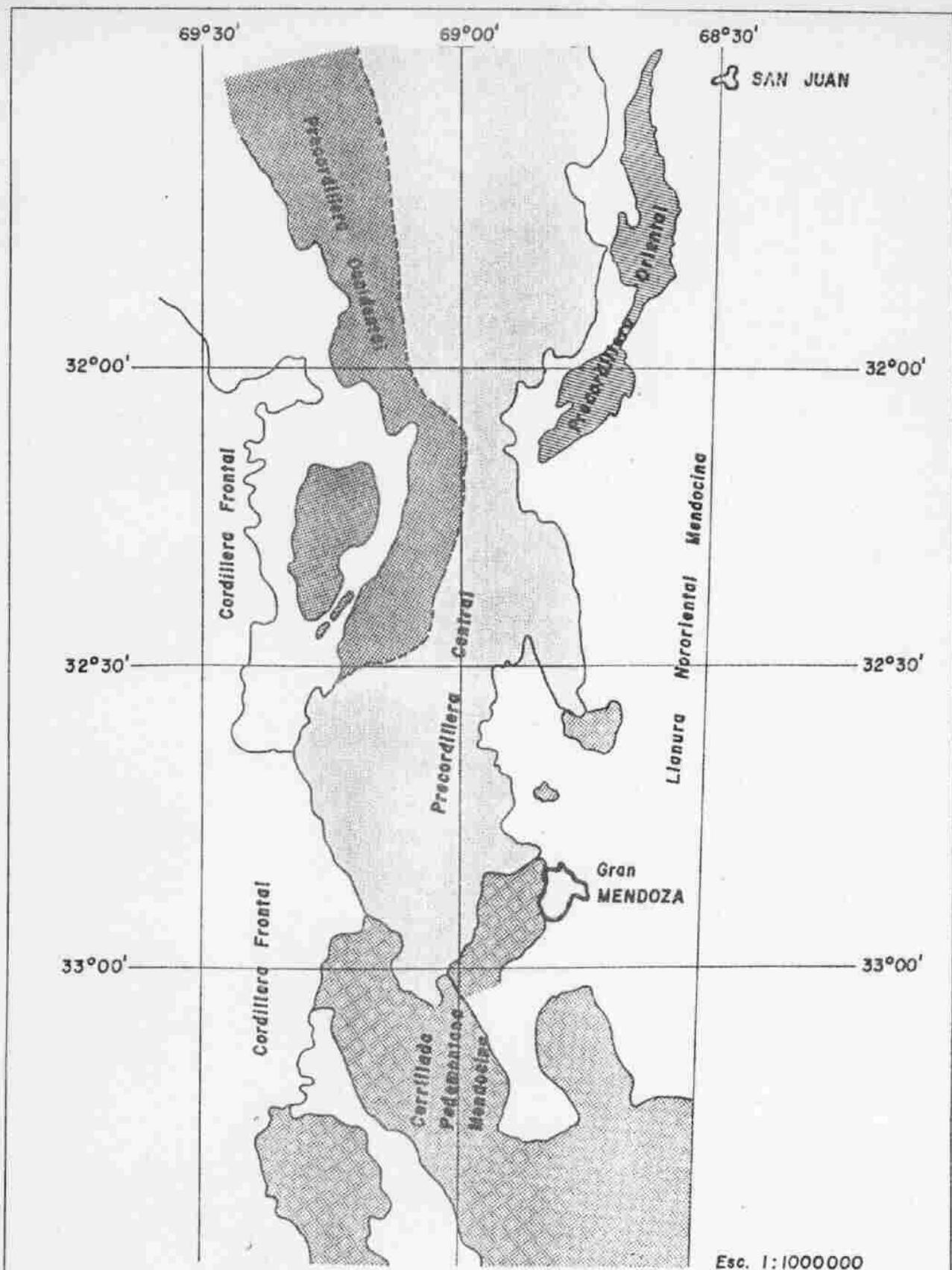
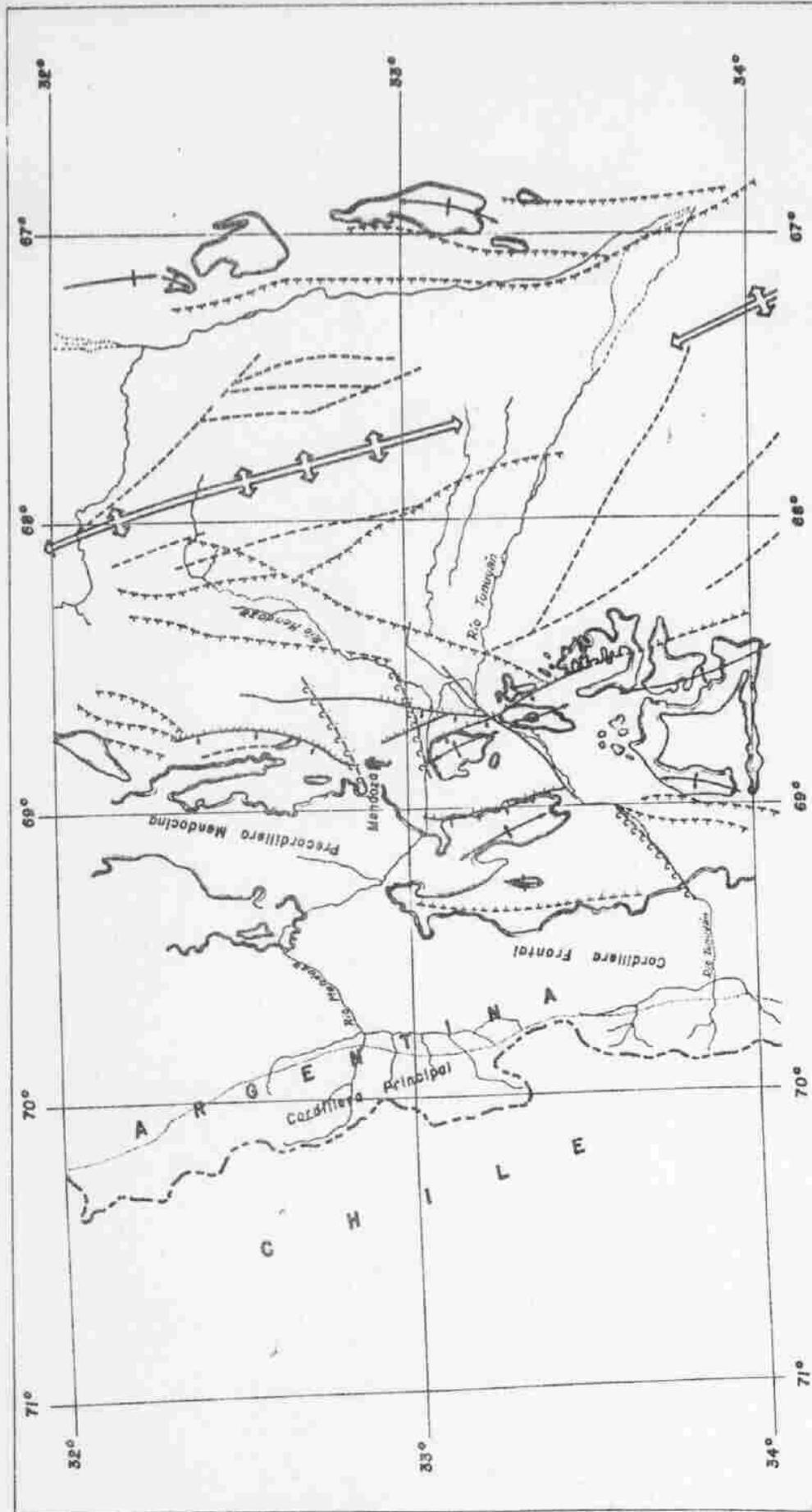


FIGURA _4_ UNIDADES MORFOESTRUCTURALES



REFERENCIAS: Dorsal de Afirmamiento Rososo.
 Falta Comprobada con indicación del Bloque Mueído y Bazamiento.
 Falta Cubierta con indicación del Bloque Mueído
 Estructura Plegada
 Alto Estructural del Subseulo
 Falta Sospecha

FIGURA -5-
 PROVINCIAS GEOLOGICAS
 FALLAS PRINCIPALES

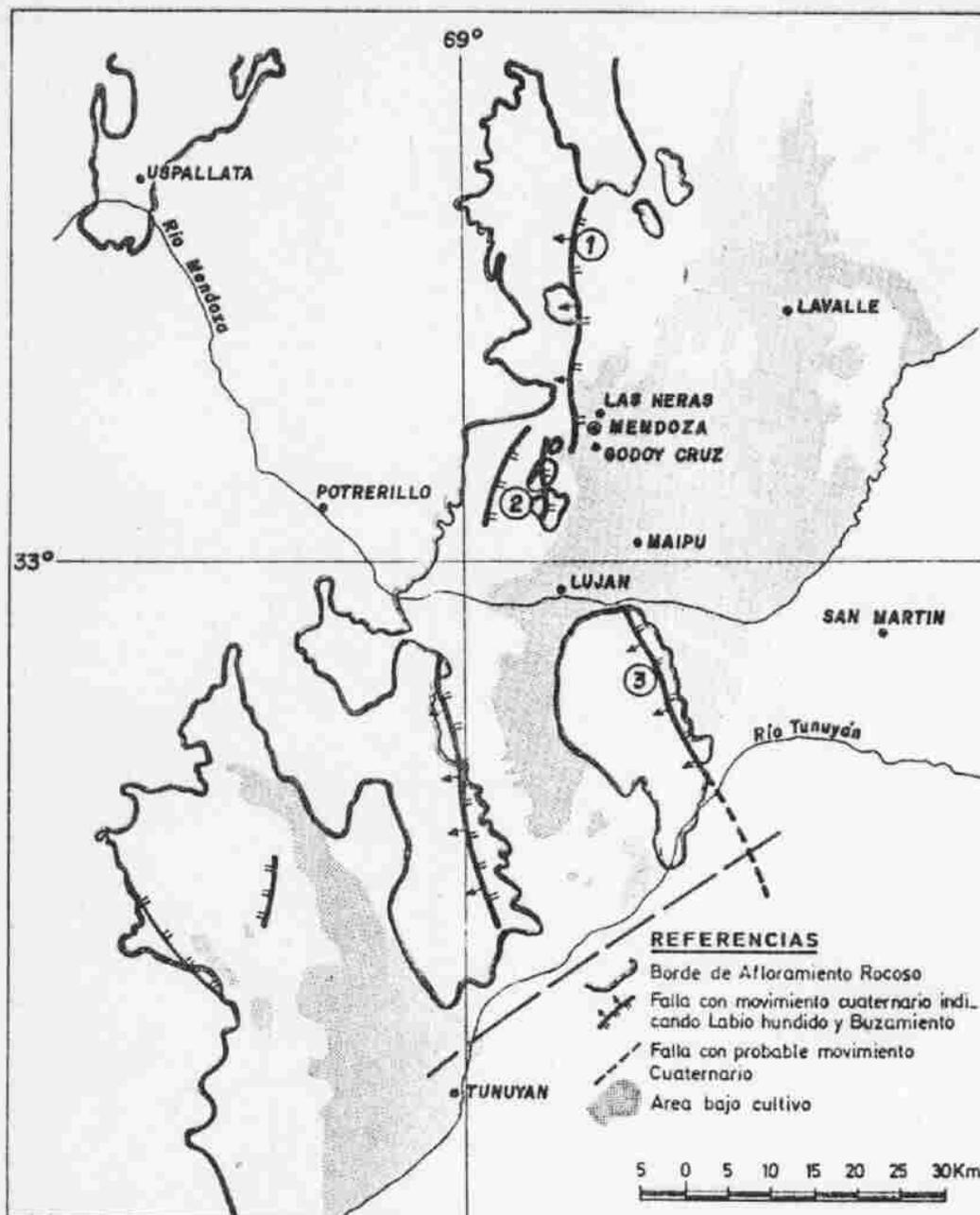
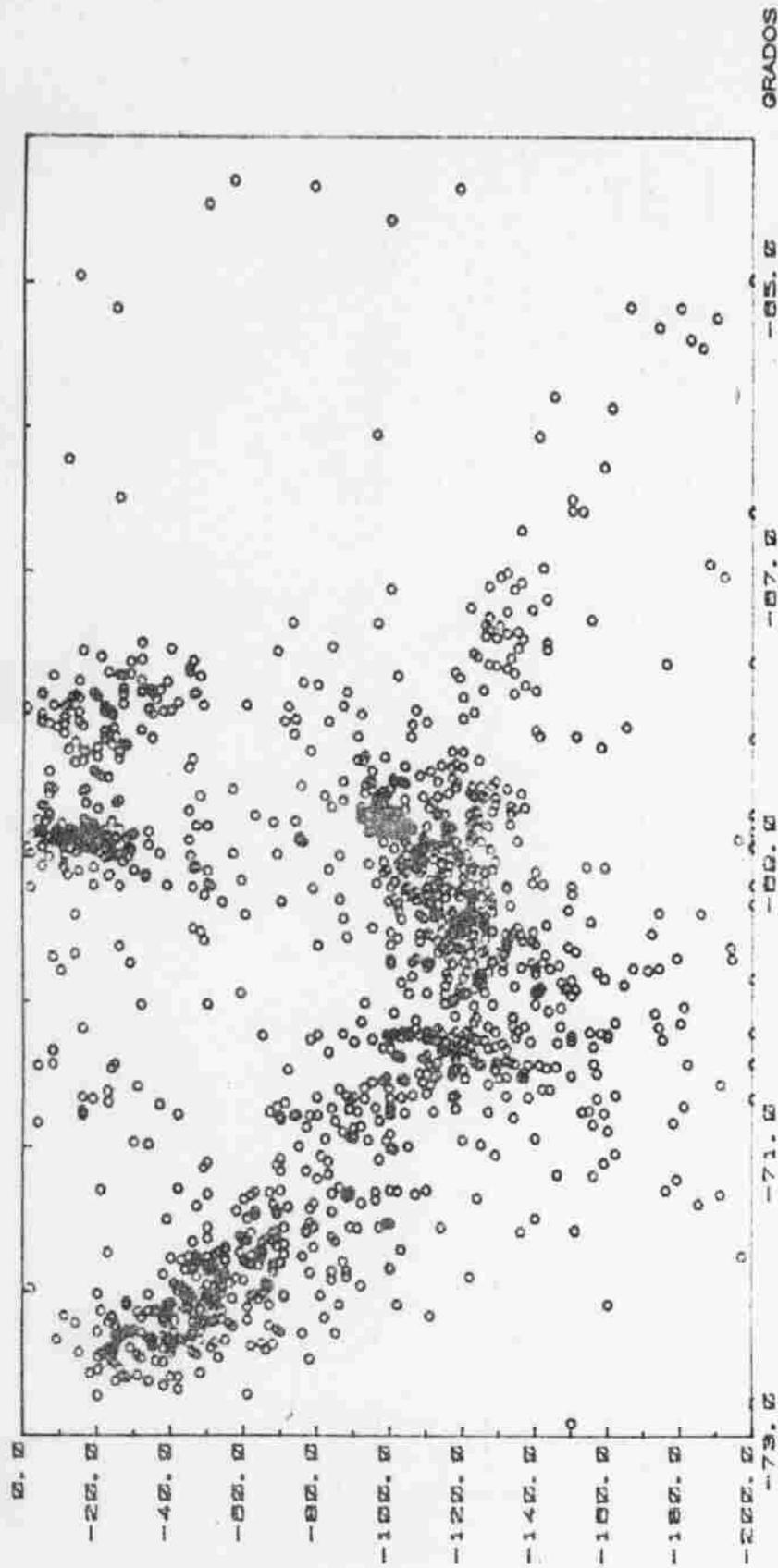


FIGURA _6_ EVIDENCIAS SUPERFICIALES DE FALLAMIENTO CUATERNARIO



COORDENADAS

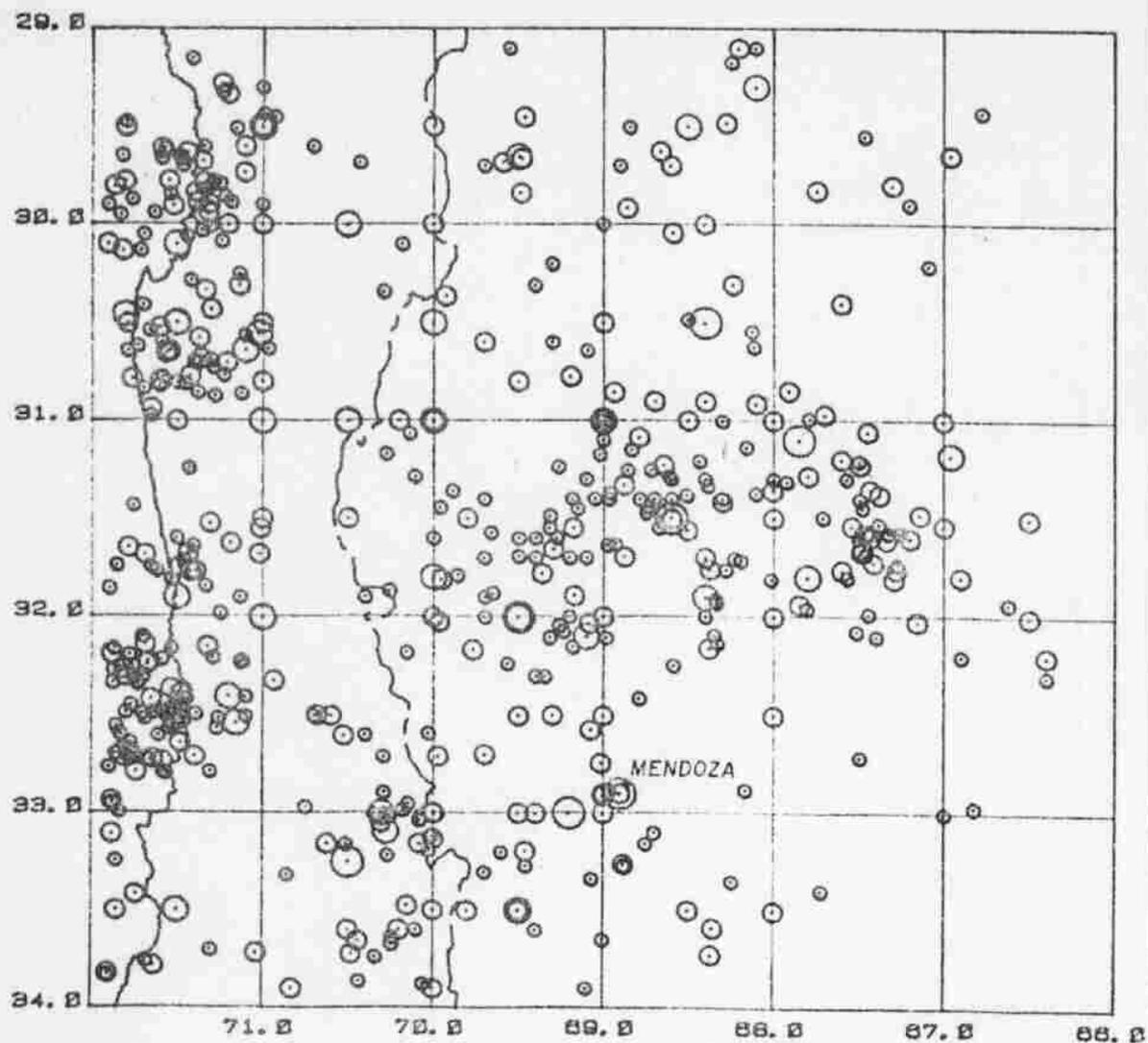
LATITUD ENTRE : 30.00 Y 34.00
 LONGITUD ENTRE: 73.00 Y 64.00

ENTRE FECHAS

22/05/1782
 Y
 30/03/1985

PERFIL SISMICO DE HIPOCENTROS - FIGURA -7-

INPRES



EPICENTRO



MAGNITUD

$M \geq 7$

$7 > M \geq 6$

$6 > M \geq 5$

$5 > M \geq 4.5$

FIGURA - 8 - DISTRIBUCION EPICENTRAL DE SISMOS REGIONALES

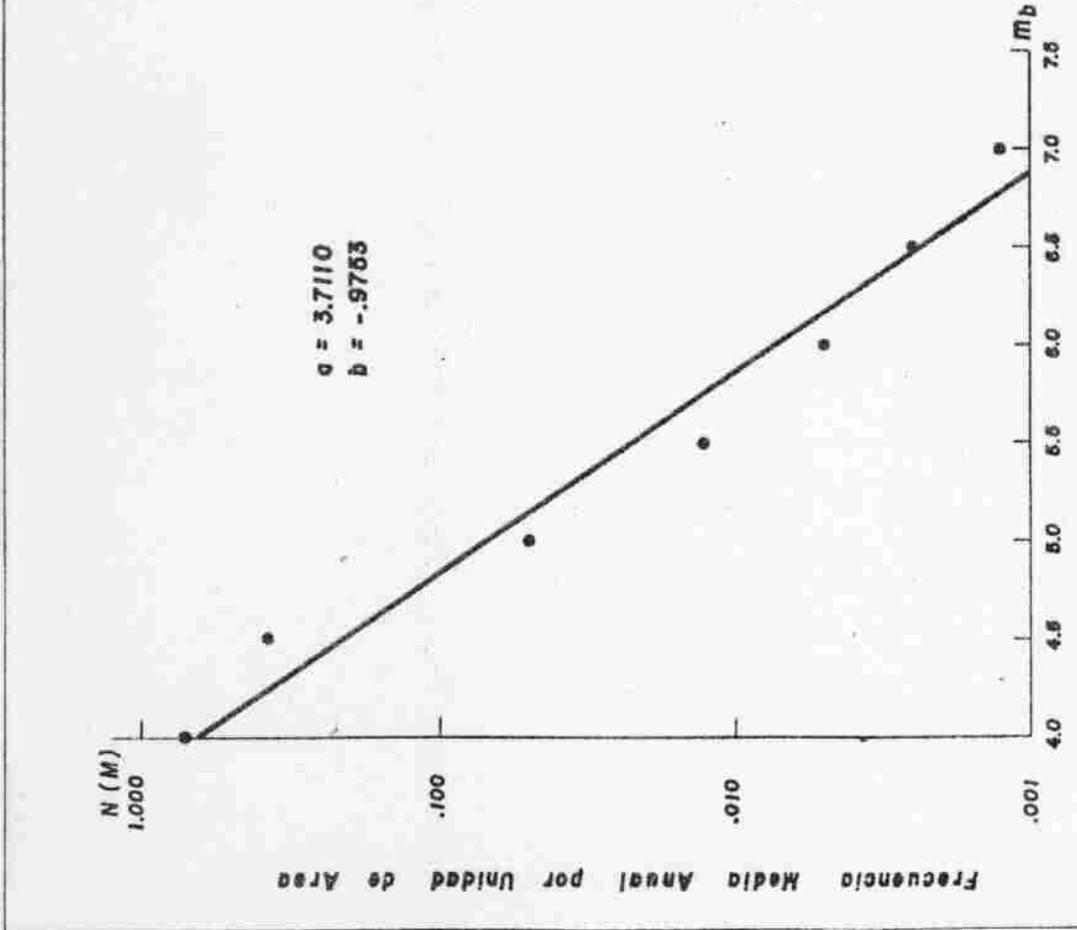


FIGURA - 9 - RELACION MAGNITUD - FRECUENCIA PARA SISMOS SUPERFICIALES

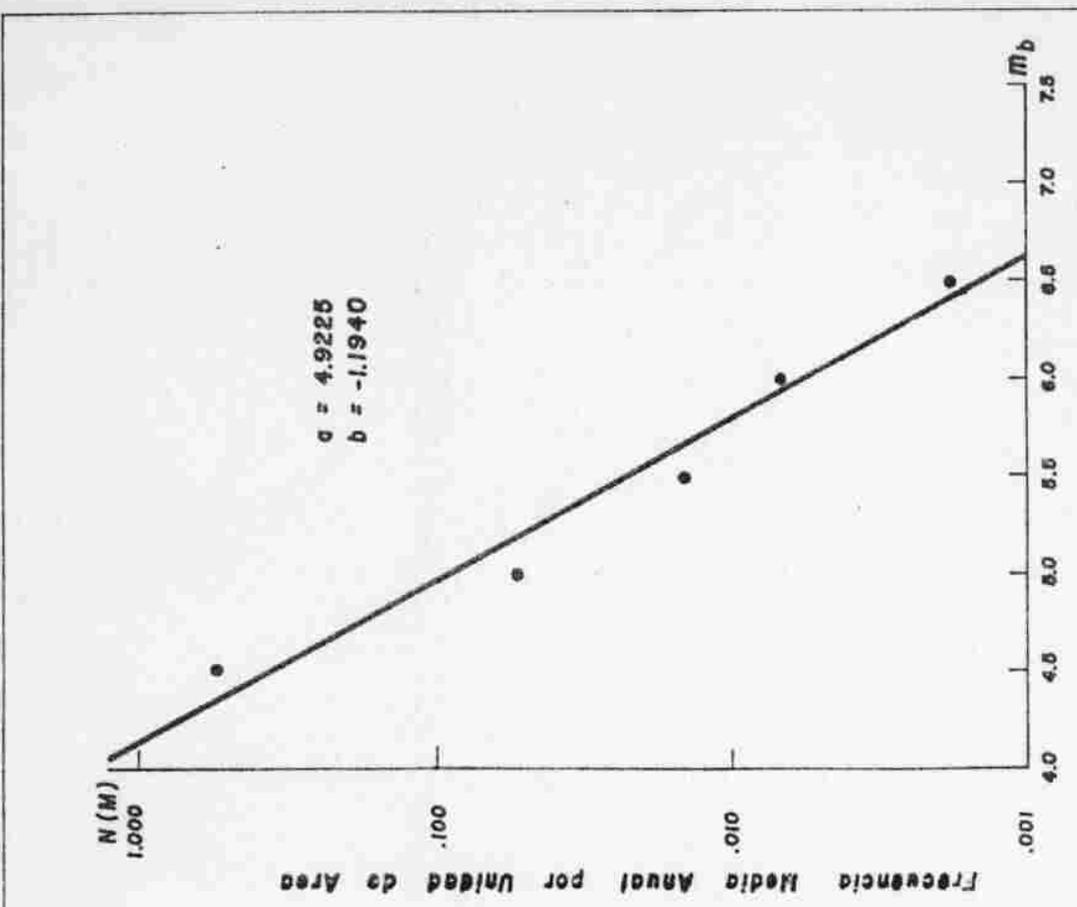


FIGURA - 10 - RELACION MAGNITUD - FRECUENCIA PARA SISMOS DE LA ZONA DE SUBDUCCION

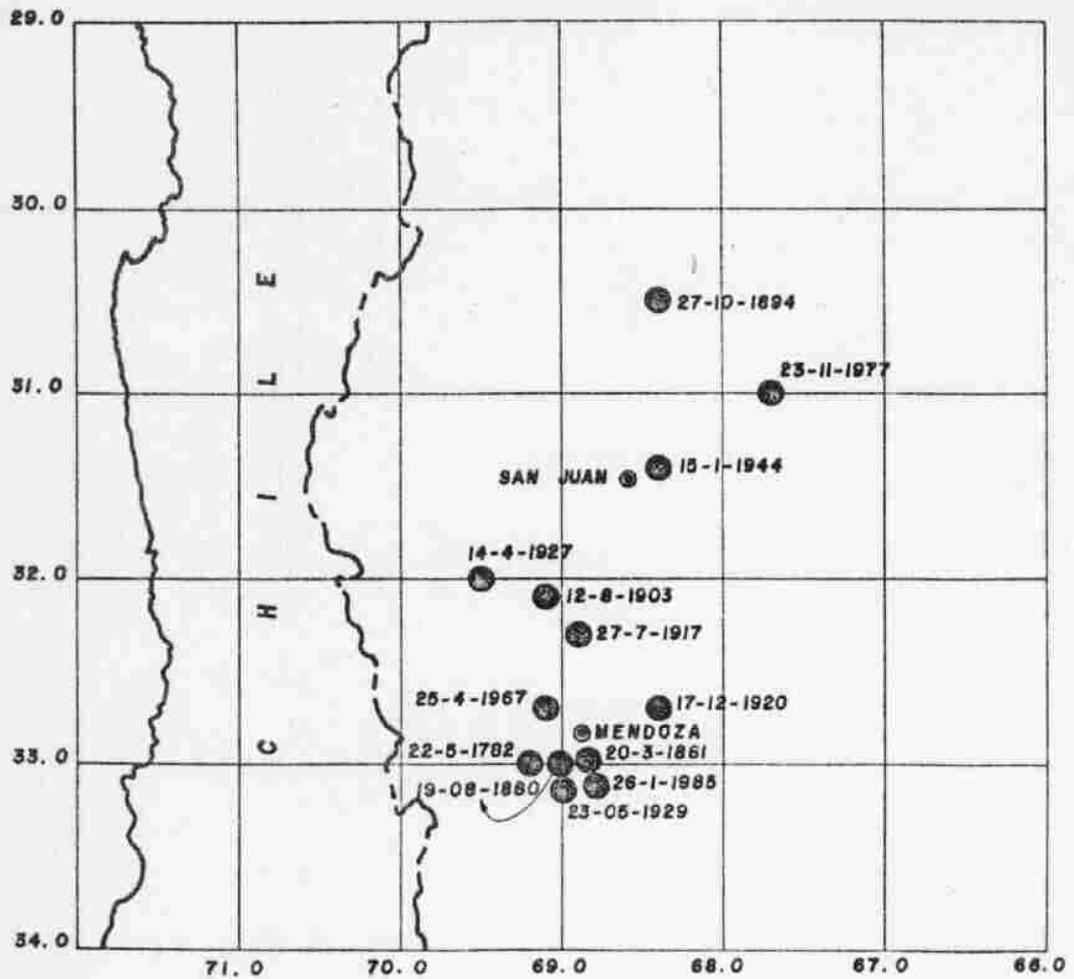


FIGURA -II- UBICACION ESTIMADA DE EPICENTROS DE TERREMOTOS DESTRUCTIVOS QUE AFECTARON AL GRAN MENDOZA

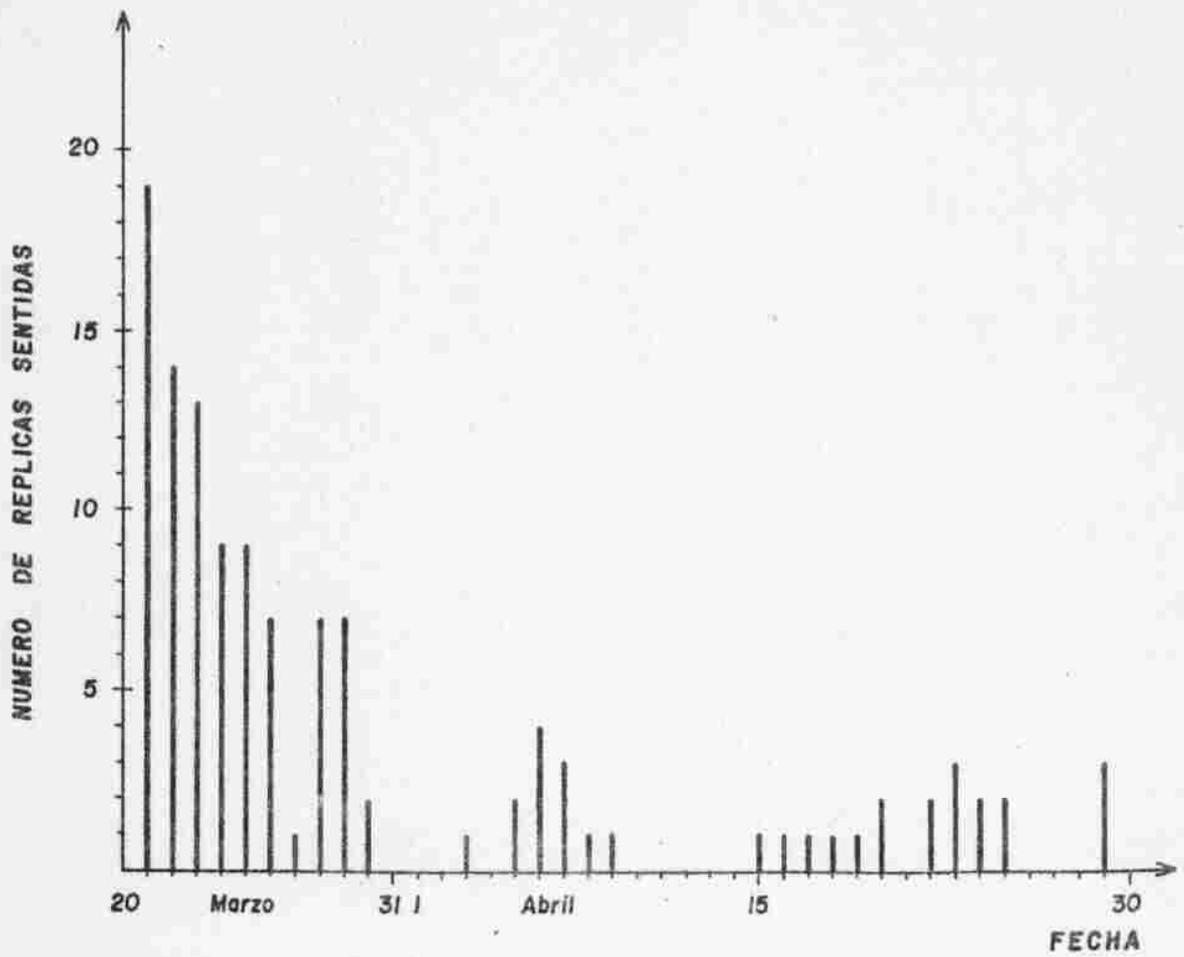


FIGURA 12. DISTRIBUCION TEMPORAL DE LAS REPLICAS DEL TERREMOTO DEL 20 de marzo de 1861, SENTIDAS EN LA CIUDAD DE MENDOZA

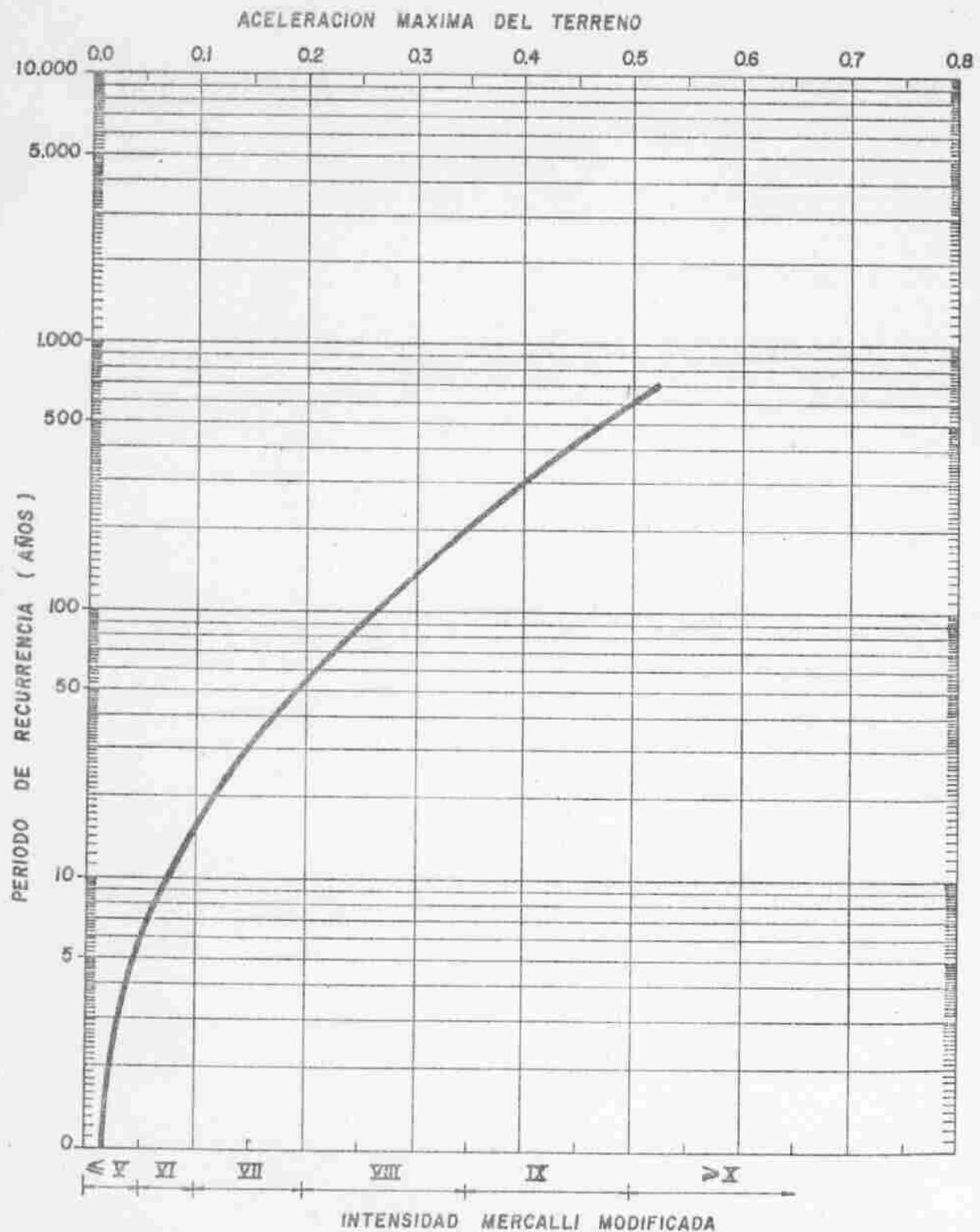


FIGURA _13_ RELACION ENTRE INTENSIDAD SISMICA Y PERIODO DE RECURRENCIA PARA LA CIUDAD DE MENDOZA

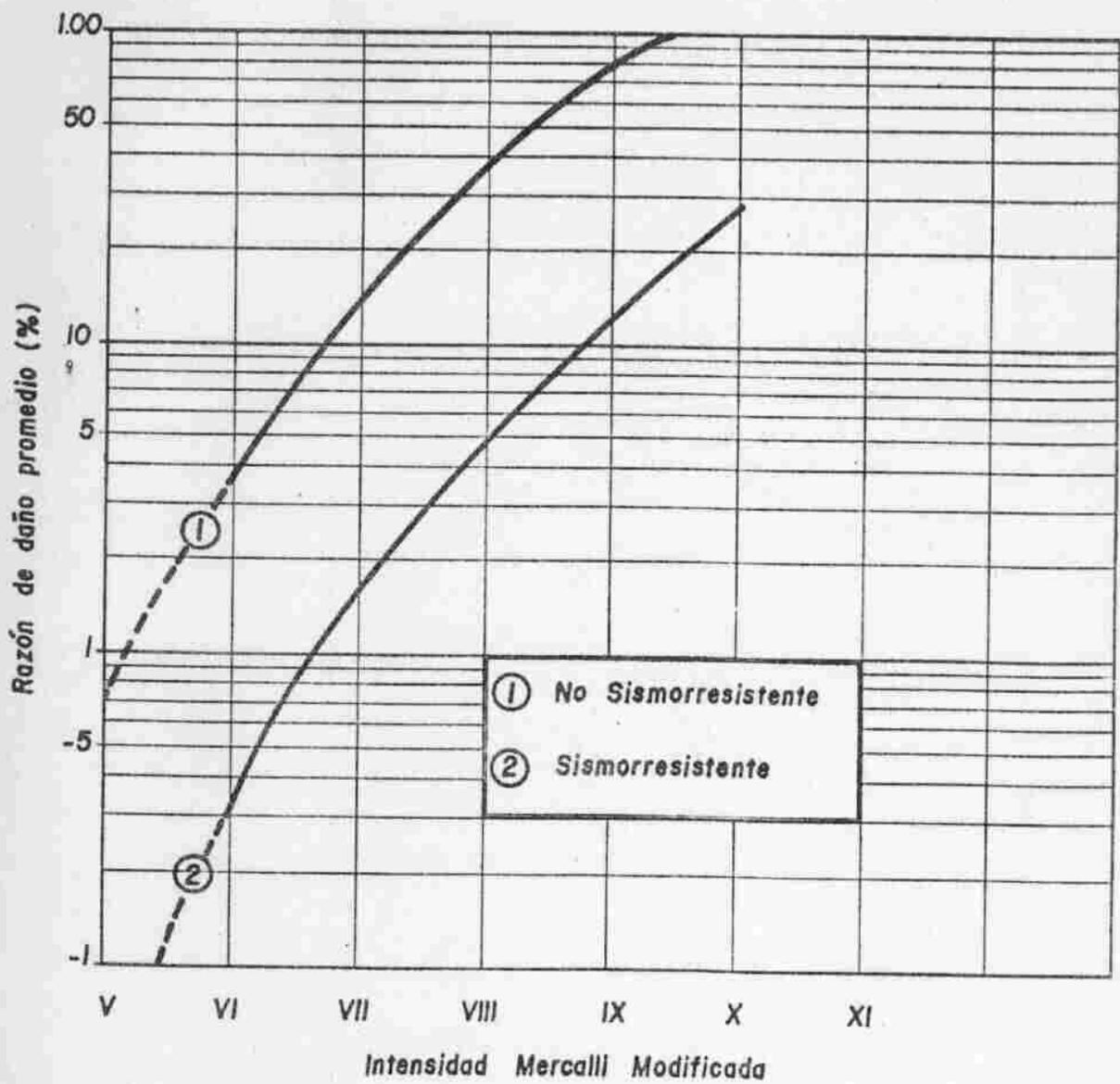


FIGURA _14_ : Relación entre razón de daño e intensidad sísmica

ANEXO I

EXTRACTO DE LA DOCUMENTACION MAS IMPORTANTE REFERIDA AL TERREMOTO DE MENDOZA DEL 20 DE MARZO DE 1861

I.1. Narraciones de testigos de vista, relativas al Terremoto de Mendoza del 20 de Marzo de 1861.

Del Dr. Wenceslao Díaz, miembro de la comisión médica de Chile enviada a socorrer las víctimas del terremoto.

"Súbitamente a las 8,36 minutos se hizo sentir un estruendo sordo, como el producido por muchos carros que ruedan junta y rápidamente sobre un techo abovedado; casi al mismo tiempo, un estremecimiento ligero puso en conmoción todos los edificios, haciéndolos oscilar suavemente de Este a Oeste".

"A la oscilación siguió sin la menor interrupción, un sacudimiento brusco y poderoso del Occidente, seguido de otro no menos fuerte. Y todas las casas, todos los templos, la ciudad toda, quedaron en dos segundos destrozados y tendidos por tierra. Los hombres y los animales no pudieron tampoco tenerse en pie y rodaron como las construcciones".

"Y entre tanto la tierra se contraía en ondulaciones que pasaban bajo los escombros con la fuerza y rapidez de las olas del mar, derribando las construcciones que, desplomadas y agrietadas quedaban en pie, cuyos materiales se desprendían en cada sacudida como lanzados por una fuerza poderosa, y amontonando los escombros y comprimiendo más y más a los hombres que bajo ellos yacían sepultados".

"Después de un minuto disminuyó la fuerza de las ondulaciones y disminuyó también su frecuencia. Poco a poco y lentamente la tierra volvió a su quietud normal".

"Mucho se ha exagerado la mortandad ocasionada por este terremoto: han hecho ascender a doce y dieciseis mil el número de los que perecieron".

"Según el censo levantado en 1857, la ciudad de Mendoza tenía ocho mil seiscientos setenta y ocho habitantes, de los cuales debe suponerse por toda probabilidad que han sobrevivido tres mil, atendiendo a que no fue

tan general la mortandad en los dilatados alrededores, donde la mayor extensión permitía escapar a la caída de las construcciones, mientras que en la ciudad misma las calles fueron obstruídas por los escombros, no dejando lugar de refugio. Agregando los muertos de San Vicente y Luján puede decirse que el número de víctimas alcanzó a seis mil, lo que tal vez podría pasar más bien por exagerado que por disminuído".

"La tierra se movía como mecida por una mano poderosa. Los edificios oscilaban de Este a Oeste. Un caballero que nos merece entera fe y que se ha ocupado con fruto de las observaciones meteorológicas, don Franklin Villanueva, nos ha referido que al salir de su habitación para ponerse a salvo, notó que una estampa pendiente de un clavo en la pared, que estaba de Oriente a Poniente, oscilaba en esa dirección. Lo que no se habría verificado si el movimiento hubiera sido en otro sentido, porque la estampa hacía las veces de péndulo que sólo podía oscilar en una sola manera"

"Queda dicho ya que a este movimiento de vaivén sucedió sin interrupción el sacudimiento que derrumbó en dos segundos todos los edificios de la población".

"En el terremoto del 20 de Marzo la primera impresión fué sin duda de oscilación, más instantáneamente sucedió el sacudimiento de una manera horrorosa, haciéndose muy notable esta circunstancia para los que pudimos fijar nuestra atención en los muebles que saltaban sobre el pavimento de las habitaciones".

"El segundo movimiento fue muy distinto del primero. La tierra se elevó y deprimió alternativamente. Se contrajo como decía uno. Pasó una ola bajo los cimientos de las habitaciones y a los pies de los habitantes. Es menester conservar esa palabra con que pintan admirablemente el fenómeno los que lo sintieron, y que ya ha sido consagrada en el lenguaje científico" (1).

"La ola terrestre, haciendo pasar la superficie plana del terreno a la curva, desplomó primero hacia el Este los edificios y después los movió horizontalmente en la misma dirección, pero elevándolos. Las murallas perpendiculares a la dirección del movimiento cayeron alternativamente al Oeste y al Este, mientras que las que se hallaban colocadas paralelamente, o en el sentido del movimiento, se rasgaron de alto abajo. Fué tan recio este movimiento y tan alta la elevación y depresión del terreno, o emergencia de la onda, que ninguno de los que estaban de pie, o corrían, dejaron de caer como si les hubiera faltado el piso en que se hallaban. Lo mismo sucedió a los que se encontraban a caballo".

"Advertiré que las calles de Norte a Sur, formaban un ángulo de quince grados al Oeste del meridiano magnético, i que por esta misma razón las de Oriente a Poniente, que se cortaban en ángulo recto con aquellas, formaban un ángulo de cinco grados con la línea Oeste-Suroeste-Este-Noreste. Por este motivo, fue posible que un cuerpo colgado en una muralla, que casi tenía esa dirección, oscilara, i también que las calles de Norte a Sur fuesen las que más se obstruyesen por los escombros, porque sus murallas laterales eran casi perpendiculares a la dirección del movimiento.

He tenido después la satisfacción de ver comprobada esta conclusión, por las observaciones sismométricas, que como se verá más adelante, practiqué durante los ocho meses de mi residencia en la ciudad destruída. Todos los temblores notables fueron de movimiento oscilatorio u ondulatorio de Oeste- Suroeste a Este-Noreste".

"Don Federico Lefrancois hizo publicar allí el 22 de marzo de 1861 la siguiente observación: Señores redactores de "El Nacional". Señores: Si ustedes juzgan que pueda ser útil a la ciencia, podrán dar publicidad el hecho siguiente observado en mi relojería, Perú número 69. Serían las nueve de la noche del 20 del corriente i hallándose varias personas en mi casa, una de ellas del mismo arte, me hizo observar que la péndula de un reloj de mesa, a la sazón parado, tenía un movimiento bastante visible e irregular, a lo que presté poca atención. Pero esta misma persona habiéndose acercado a mi regulador, que tiene el frente (cuadrante) al naciente, me avisó que la péndula de dicho regulador que oscila de Norte a Sur i que pesa como treinta libras, oscilaba de un modo extraordinario, pues pasaba de ocho grados el arco que describía, siendo su marcha ordinaria de dos i medio grados. Nuestra sorpresa fué grande, i no conociendo la causa de estas oscilaciones tan precipitadas que podían alcanzar i romper los vidrios de la caja, detuve su marcha para darle la que debía tener. Entonces fijamos nuestra atención en más de veinticinco relojes parados i todos tenían sus péndulas en un movimiento irregular i bastante notable. Verdaderamente sorprendido de este fenómeno fui a observar mi barómetro i termómetro que no habían sufrido alteración alguna, i salí a mi puerta a ver el cielo que se hallaba del todo sereno. Al otro día vine a saber que dos reguladores de dos relojerías que se hallaban en el mismo paralelo que el mío, es decir oscilando de Sur a Norte habían tenido una variación en retardo, bastante notables comparados con otro de las mismas relojerías. Saluda a usted S.S.S.-Federico Lefrancois".

"Partiendo del Norte al Sur encontramos muy conmovidas las

esquitas y pizarras del Paramillo de Villavicencio desde el paraje denominado El Divisadero hasta cerca de las casas de Villavicencio que sufrieron poco. De aquí en un espacio de trece leguas, no se veían más que grietas ligeras en el terreno hasta llegar a la Chimba donde se notaban las grandes grietas de que he hablado y la destrucción de los edificios, principalmente en Panquehua. Continuaba la destrucción hasta Mendoza, que parece fué el suelo más conmovido, disminuía en San Vicente y se detenía casi bruscamente a dos millas al Sur de este pueblo, en los molinos de don Hilario Correas. Hay aquí una faja de Este a Oeste en que la destrucción fue casi nula, y que mide en camino como legua y media de ancho. Se prolonga esta faja, ensanchándose, al Poniente a las Chacras de Coria, la Compuerta y Vista Alba; y al Naciente, ensanchándose aún más, a las Tortugas, San Francisco, Cruz de Piedra y Rodeo del Medio".

"Al Sur de esta faja vuelven a manifestarse las ruinas, y Luján de uno y otro lado del río, y las casas de los baños de Lunlunta sufrieron tanto como las de Mendoza, principalmente al Sur del río. Se arruinaron también las casas del Carrizal. De manera que la línea de destrucción de Norte a Sur con la internación indicada, alcanza a veintiséis leguas en la cual Mendoza y Luján fueron los puntos más conmovidos".

"Más al Sur la conmoción disminuye, pues San Carlos y Chilecito, más al Sur de Mendoza, tuvieron tantas murallas rasgadas y antetechos caídos como San Martín que está a catorce leguas al Este".

"Al Poniente de esta línea estudiada encontramos la casucha de los Piuquenes, los rodados del Cerro de Plata, y el inmenso agrietamiento de toda la cadena de cerros desde las ruinas de Uspallata, hasta los baños de la Boca del Río y Cacheuta. Las casas de los baños del Challao se encuentran en esta línea"

"Al levante de aquella misma línea encontramos las casas de Jocolí, a diez leguas al Noreste, que sufrieron poco, las ruinas de las casas del Borbollón, del Algarrobal, del Bermejo, del Sauce y Acequias de Gómez, y así hasta la capilla del Rosario, donde empieza la interrupción que llega a Rodeo del Medio, de que he hablado".

"Al Este del río hay otra faja de destrucción. El Alto de las Mulas no sufrió nada mientras que San Martín sufrió algo, más aún sufrieron las casas de don Ramón Godoy y los molinos de don J.M. Pando, y sobre todo Barreales y el Retamo, donde cayeron la capilla y muchas casas".

"Al hablar del terreno plano de la provincia, se dijo ya que estaban formados de acarrees muy modernos que constaban de dos capas

principales: una inferior de guijarros y otra superior de arcilla fina que llenaba los hoyos dejados por la otra capa, de donde provenía que fuera ésta más gruesa en unos lugares que en otros. La cañada bastante profunda donde estuvo edificada la capital, contiene la capa de mayor espesor que se prolonga del Norte hasta la Chimba, y del Sur hasta dos millas de la parte meridional de San Vicente. Vuelve a aparecer en Luján, pero ya más delgada, y se continúa al Sur del río. Esta capa que es delgada en las Tortugas y San Francisco y Rodeo del Medio, Chacras de Coria y Compuerta, y nula en Cruz de Piedra, aumenta de nuevo al Oriente del río, en la Chimba (paraje del mismo nombre situado al norte de la ciudad de Mendoza), San Martín, Barreales y Retamo. En una palabra, la acción destructora del temblor señala y demarca los lugares en que era mayor la potencia de esa capa, al paso que reserva y respeta tanto más a otros, cuanto más se acerca a la superficie, la capa de acarreo de guijarros".

"Estos forman la faja en que se interrumpe la destrucción, entre San Vicente y Luján".

"Las construcciones domésticas se arruinaron por otra causa: la poca solidez. Están edificadas de paredes de adobes o tapias sin llaves en las esquinas. Sobre ellas descansaban sin trabazón alguna, las vigas, colocadas con una inclinación para la corriente de las aguas y servían al mismo tiempo de techo estendiendo sobre ellas esteras de cañas y una capa de barro para impedir la filtración. Dicha capa iba aumentando todos los veranos y en algunos edificios tenía hasta media vara de espesor. En los contornos, para cerrar esta azotea o formar un antetecho o frontis al edificio, se levantaba una muralla de una a una y media vara de alto".

"Este género de casas, si bien las más económicas atendiendo a la localidad, no tenía ninguna firmeza porque las murallas y el techo no se sostenían mutuamente. Así es que se veía frecuentemente una pared caída sobre el pavimento de la habitación, y sobre ella, la del frente con el techo entero encima".

"La clase de las construcciones, como la naturaleza del terreno en que estaban basadas, ha influido, pues, en los desastres sufridos, y continuarán influyendo si no se da más consistencia a aquellas y no se elige otro terreno más sólido en que colocarlas, cosas ambas que hasta el presente, parece no han llamado la atención, como merecen, de los habitantes y autoridades locales".

"Los grandes terremotos tienen tendencia a reproducirse en épocas más o menos lejanas, principalmente en los países que están sujetos a

frecuentes sacudidas. Humboldt ha probado cierta periodicidad en los temblores que han arruinado a Lima. En Chile se ve esto mismo. Es muy probable que en las provincias andinas de la vecina República, sobre todo en Mendoza, suceda igual cosa, pues está en las mismas condiciones de Chile, y los antecedentes lo demuestran. Hemos visto que en ella hizo muchos estragos el temblor del 22 de Mayo de 1782 que obró en los flancos orientales de las cordilleras, como el último de Marzo".

"La traslación de los restos de la ciudad destruída y la determinación del lugar más idóneo para echar los fundamentos de la nueva capital, fue la primera cuestión que surgió con motivo de la caída de la antigua, cuestión que aún no ha sido llevada a término definitivo y satisfactorio para el bien general y futuro".

"Como es probable que los terremotos se repitan, la solución de esta cuestión es de vital importancia. Merece un detenido y maduro examen, porque los pueblos no se edifican para un día. Si se quiere considerar en ella los antecedentes más ciertos, los datos más seguros, los conocimientos más positivos, interróguense los efectos destructivos del terremoto de Marzo. Ellos suministrarán esos conocimientos, antecedentes y datos".

"Echese una mirada a la esfera del mayor sacudimiento en que están comprendidos Mendoza y Luján y se verá que hay en ambos una faja en la cual la destrucción ha sido nula. Elíjase sobre ella Las Tortugas, San Francisco, y mejor aún, el centro de La Cruz de Piedra, y se tendrá resuelta la cuestión bajo el punto de vista de poner la futura población a cubierto de nuevas destrucciones; pues es evidente que la sucesión de temblores conmoverá el suelo de una manera idéntica a la experimentada últimamente".

"Lamentable, es pues, la incuria en que incurren las autoridades de Mendoza desatendiendo en la fundación de su capital tan importantes y preciosos conocimientos, patentes a la vista de todos, y despreciando probabilidades que tarde o temprano serán tristes y dolorosas realidades".

"En las inmediaciones de las ciénagas, principalmente a cosa de una legua al Norte del hundimiento, vieron los habitantes que la tierra lanzó chorros de agua durante las ondulaciones del temblor. Esta agua brotó hasta del pavimento de algunas casas que se anegaron, i continuó fluyendo, pero sin fuerza, después de haber cesado la conmoción, dejando montones de arena rojiza, semejante a la que salió por las grietas del hundimiento".

"Estos montones tenían de algunas pulgadas hasta uno i dos

pies de diámetro. Removí la arena de encima en algunos de ellos i encontré que ésta había salido de una cavidad más o menos redondeada que estaba llena de ella. No encontré ninguna hoquedad vacía. Sin verificar ninguna excavación creí que tenía a la vista las cavidades cónicas i los conos inversos de arena que se forman en las aguas al escaparse de la tierra conmovida, como se ha visto en el temblor de Calabria (1783), de Murcia (1829), en el Cabo de Buena Esperanza (diciembre de 1809) i en Chile (1822). (De la Béche, Manual Géologique, Bruxelles, 857, pág. 113)".

"Llamó en el camino nuestra atención la frecuencia de los temblores a medida que nos aproximábamos al sitio de la catástrofe. Estos fenómenos consecutivos a los grandes terremotos no nos fueron sensibles sino cuando nos encontrábamos casi a la misma latitud de Mendoza en el lugar denominado Polvaredas".

I.2. Relato de Don Pompeyo Lemos

"Como a las nueve de esa noche fatal, me encontraba con mi amigo en el comedor del citado hotel y en el momento de recibir las tazas de café que habíamos pedido, sentimos desvanecimientos y como si el suelo se moviese como sobre agua, e inmediatamente se oyó un ruido terrorífico, como si miles de carros cargados de piedras fuesen arrastrados por toda la ciudad, precediendo oscilación y ruido del costado oeste de la ciudad, como si viniese de las cumbres de la cordillera. En ese momento, sacaba casi a la fuerza, a mi amigo al medio del patio, tirándole de un brazo y les gritaba a más de cincuenta personas que se hallaban en el salón que saliesen fuera, porque aquello era un terremoto. En ese momento el suelo hacía olas, quebrándose y partiéndose el pavimento, abriendo rasgaduras profundas en todas direcciones. En tan crítico momento mi amigo a viva fuerza se deshizo de mis manos que lo sujetaban en el medio del patio de la casa, y corrió para entrar en el comedor, no sé con cuál intención, siendo aplastado a mi vista por una muralla del salón. Entonces viéndome solo, traté de librarme saliendo a la calle".

"Efectivamente me enseñaron a mano izquierda, en unos edificios que se estaban viniendo abajo con los continuos temblores que se sucedían a intervalos..."

"En esos instantes se produjo un fuertísimo temblor, echando abajo una de las torres del templo que cayó cerca de mis pies, derrumbándose, asimismo con tremendo estrépito todo el murallón del claustro, sepultando y

dando muerte instantánea a casi todas las personas que acabo de mencionar".

"Debo consignar y me recuerdo, que una de las cosas de aquella aciaga noche que me causó mayor miedo y horror, fue que al conducir por una calle del norte de la ciudad, en su cama de dolor donde acababa de desembarazar la hermana de un amigo mío, don Jorge Corvalán, con el catre y la enferma a cuestas, yo, mi amigo y otros dos sujetos a un lugar más libre y seguro donde alojarse, que no fuera como su casa que estaba en peligro de derrumbarse, un temblor fuertísimo que se produjo, abrió profundas grietas en la calle, en una de las cuales estuve a pique de caer".

"Ya casi de día, después de dar inconscientes vueltas por la ciudad, buscando la casa de mis padres por lugares que me eran completamente desconocidos al parecer, sin duda el instinto me puso delante de las ruinas de lo que fué mi hogar".

I.3. Relato del P. Rafael Pérez, en su obra "La Compañía de Jesús en Sudamérica" valiéndose en su relación de la que escribió el P. Antonio Dalmau, testigo de la catástrofe

"... a la entrada de la noche, había predicado el P. Funes el primero de siete sermones que allí se acostumban, en honor de la Pasión, en cuya seana se encontraban, después del cual, a ruegos de un buen hombre, pasó a la iglesia a oírle en confesión, eran las nueve de la noche: óyese un pavoroso ruido subterráneo, al que sigue un sacudimiento tan recio de la tierra, que en menos de tres segundos la ciudad toda y sus alrededores a algunas leguas de distancia, quedan reducidos a escombros. ¡Qué escena tan horrible! En medio de las tinieblas de la noche, hechas aún más densas por las nubes de polvo, se dejaban oír por todas partes ayes de muerte de los millares de víctimas que perecían, gritos de auxilio de los heridos, estropeados, fracturados, bajo un techo derruido, de una pared que aprisiona parte de sus miembros..."

I.4. Narración de la Madre Magdalena Puch, Superiora del Monasterio de la Compañía de María.

"A eso de las ocho y media de la noche un fuerte sacudimiento de tierra, acompañado de un horrible estallido, nos hace conocer que nuestra vida está en peligro. Cada una huye como pueda; pero la prontitud con que se vino abajo el edificio, hizo que muchas quedasen sepultadas en sus ruinas".

"Si fué espantosa noche, el día no sirvió para derramar mucho consuelo. Por el contrario, entonces se presentó a nuestra vista el cuadro más desgarrador. Una populosa ciudad reducida en pocos instantes a un montón de ruinas; nuestro amado convento, destruído; algunas de las religiosas y colegialas que descubrían parte de su cuerpo, aplastado lo restante ya por un corredor, ya por una muralla, ya por algún techo".

I.5. Una visita a las ruinas de Mendoza por D. Félix Frías - Noviembre de 1861

"Fué en una noche de luna cuando visitamos la destruída ciudad, penetrando por entre los escombros, con el cristiano recogimiento con que se marcha sobre las tumbas. ¿Cómo describir aquel horrible espectáculo? ¿Qué palabra puede bastar a hacer concebir al hombre lo que sus ojos no han visto?"

"Renunciemos a una descripción imposible, por lo menos para nosotros; y en vez de pintar el aspecto material de aquel caos, hablemos sólo de los recuerdos y las imágenes que asaltaban nuestra mente abatida en presencia de cuadro tan afligente".

"Imaginaos una ciudad en que todo está en movimiento, todo es vida. Era el último día de la estación del verano a las siete y media de la noche; y nadie sospechaba por cierto que un instante después el frío de la muerte habría de apagar la existencia de casi todos los habitantes de la ciudad".

"El trueno subterráneo resonó al tiempo mismo que ella se desplomaba. El movimiento de la tierra fue tan violento, que no era posible mantenerse en pie ni marchar sobre ella. Los que lograron andar algunas varas para llegar a la calle, buscaban su refugio en el lugar precisamente del mayor peligro; pues las paredes, al derrumbarse, se cruzaban sobre el centro de las calles mismas".

"Un silencio verdaderamente sepulcral interrumpido sólo por el aullido lejano de los perros, siguió al espantoso temblor. Una nube densa de polvo se levantó de las ruinas y cubrió la faz de la luna con un manto negro".

"Un número muy considerable sin duda de los habitantes de la ciudad, estaban enterrados en vida; respirando apenas, hacían los esfuerzos de la desesperación para hacer salir sus clamores fuera de la tierra que los cubría. A cada nuevo sacudimiento, nos han contado varios de ellos, los

escombros se unían, los estrechaban cada vez más; y habían caído de tal manera, que no podían hacer uso de las manos para apartarlos. Los padres buscaban gritando a sus hijos, las mujeres a sus esposos, pero la tierra guardaba el secreto de las tumbas, y el llanto de las madres, no bastaba a arrancarles la revelación que imploraban".

"Terminaremos este escrito repitiendo las palabras del Apocalipsis, que pusimos al frente de él:

"Y en aquella hora fué hecho un gran terremoto y cayó la décima parte de la ciudad; y en el terremoto fueron muertos los nombres de siete mil hombres; y los demás fueron atemorizados, y dieron gloria al Dios del cielo".

"Recordaremos a nuestros compatriotas que no ha caído en Mendoza la décima parte de la ciudad, sino la ciudad toda entera; y que el número de los muertos es por lo menos el doble de los que expresa en su revelación el Apóstol".

I.6. El Terremoto de Mendoza de 1861 - Descripción de D. Félix Frías

La historia de cada familia es un lastimoso drama, y la imaginación del poeta más fecundo no llegará jamás a idear cuadros tan lúgubres, como los que fueron en Mendoza una dolorosa realidad en la triste noche del 20 de Marzo, que será asunto de las leyendas populares en las edades venideras; ¡y ojalá que para mayor provecho de ellas que no lo ha sido de la presente!

I.7. Carta de D. Eugenio Menéndez al Sr. D. Jacinto Corvalán

...Llegamos el 23. ¡Qué cuadro se presentó a nuestra vista! Las pocas personas vivas ocupaban los potreros y los cerros inmediatos. El sacudimiento se sintió a las 8 y media de la noche; fué obra de un minuto, y se destruyó el pueblo completamente, sin haber quedado una sola pared levantada. Las calles no se conocen. Todo son escombros, y con dificultad se puede transitar a caballo por lo que fueron calles.

Casi todos los habitantes han perecido, y la mayor parte de los que se salvaron tienen fracturas y contusiones considerables.

Es el cuadro más desconsolador que imaginé presenciar en mi vida.

Esto está concluído: Mendoza será abandonada para siempre.

...En San Vicente el estrago fue horrible. Nada sé de sus hermanas; pero D.B.Guiñazú se salvó, aunque perdió toda su familia. Juan Aberastain murió. Bombal se salvó mal herido, pero perdió también a su señora. Silvestre Moyano se salvó, pero perdió a su señora. También murió casi toda la familia de su suegro. Exequiel García y su familia deben la vida a una visita de sus parientes; pues estaban durmiendo y se levantaron de la cama. Murió Emilio Villanueva y su familia. En fin, no sé quién quedó vivo.

D.P.P.Segura se salvó, pero en su casa murieron D. Martín Zapata y once individuos más. D. E.Blanco se salvó en su chacra. Tabla murió. Saurina se salvó herido. Gregorio Maldonado se salvó en el Challao. No puedo extenderme más. Deseo salir de aquí cuanto antes, temo que aún nos ocurra algo.

I.8. Carta de R.J.R. (Mendoza, Marzo 30 de 1861)

El 20 en la noche como a las ocho y media para las nueve de la noche, estando en la trastienda del juez de comercio que lo era D. Domingo Bombal poniendo un decreto a una solicitud de D. Antonio Aberastain, sucedió un temblor y disparamos para la calle, siendo yo el último que salí corriendo, y al llegar a la puerta de la trastienda dió un sacudimiento tan grande de tierra que se vino abajo la tienda y trastienda juntas, quedando yo emparedado por el espacio de un cuarto de hora lo menos, sufriendo los continuos sacudimientos y sin tener por donde salir.

¡Qué horror!

Luego que me paré en los escombros divisé la ciudad con la luz de la luna y toda estaba en el suelo sin escluir las iglesias, pues no ha quedado una sola casa parada.

El temblor no sólo ha arruinado completamente la ciudad, sino también el partido de San Vicente y el de Luján estendiéndose las ruinas hasta el Valle de Uco y fuerte de San Carlos. En la Cruz de Piedra se han arruinado muchas casas y las que no han caído han quedado rajadas y muy ruinosas. En la ciudad han quedado sepultados muertos más de las dos terceras partes de sus habitantes, y es tan grande la podredumbre que sale por todas las casas, que ni poniendo alcanfor en las narices no se puede andar por las calles.

I.9. Informe sobre el Terremoto de Mendoza por David Forbes.

Para examinar los efectos del terremoto en la Cordillera, marché provisto de peones y animales, en línea recta a los cerros en frente de la ciudad, y encontré que aquí la zona estaba señalada en todas direcciones por ruina y destrucción en los cerros; seguí esta zona, al Norte hasta Uspallata, y encontré que dentro de sus límites las rocas habían sido despedazadas y llevadas o lanzadas a otros sitios, había fisuras en la tierra, las aguas de los manantiales habían aumentado, e inmensas moles de rocas se habían caído pero a muy corta distancia de la zona, no habían señales de ningún daño perceptible o importante.

...las casas en Villavicencio habían librado enteramente, mientras que un poco más arriba en las quebradas las rocas han sido terriblemente despedazadas y el fondo de la quebrada cubierto con una granizada de grandes fragmentos. En los Manantiales, Cerro Pelado, Agua Colorada y en la Quebrada de San Isidro, las rocas han sido terriblemente despedazadas e inmensas moles se han desprendido de las partes más elevadas de las montañas, y las casas de los Manantiales, San Isidro y Los Papagayos han sido derribadas.

Más al Sud siguiendo esta zona, Mendoza y Luján se han convertido en ruinas mientras que las casas al otro lado del río Luján, estando fuera de la línea han escapado con poco o ningún daño, como ha sucedido también en el Rodeo del Medio, Retamo, San Martín, Las Tres Acequias, etc.

...desde el gran terremoto del 20 de Marzo, al estudio de muchos de los numerosos remesones que han experimentado casi todos los días...

En mi opinión, la destrucción causada por el reciente terremoto hubiera sido mucho menor si una parte considerable del pueblo no hubiese estado situado en terreno de esta clase, en muchas partes bajas y aún de vega. Los efectos de esta clase de colocación se pueden ver examinando el terreno en Las Acequias de Gómez y al Nord Este de la población: aquí encontré que la tierra cenagosa o de vega se había hundido desde uno hasta ocho pies según las ondulaciones anteriores del terreno y estaba como arada y dado vuelta en una anchura de 370 varas, al mismo tiempo habían brotado muchos pequeños manantiales, y por la sección presentada y por el hoyo formado por el terremoto se conocía que toda esta parte extendiéndose probablemente por alguna distancia hasta adentro del pueblo mismo...

I.10. Diario de Observaciones - Escrito día por día en Mendoza desde el momento del terremoto. (La Tribuna, Buenos Aires, Abril 14 de 1861).

Día 20 - A las 8 y 3/4 se anunció el terremoto por un trueno cuyo estampido era el precursor del sacudimiento de la tierra. Fué tan violento y con una contracción tan rápida, que en ese movimiento quedaron derribados todos los edificios sin excepción de uno.

Siguió temblando hasta salir el sol. Como todas las tiendas y el club del "Progreso" estaban iluminadas a gas, el incendio se hizo simultáneo en toda la manzana del comercio, y en el resto de la población fué causado a trechos por el de las cocinas y de las chimeneas.

Es aterrante el aullido de los perros, el grito de las aves, el relincho de los caballos, mezclados con los ayes, lamentos y gemidos de todo un pueblo.

Día 21 - Hubieron 19 sacudimientos hasta la noche, 7 de los cuales fueron bastante fuertes..

Día 22 - Se han sentido hoy 14 sacudimientos de los que 4 han sido bastante fuertes...

Día 23 - Han habido 13 sacudimientos, 3 de ellos bastante fuertes...

Día 24 - La desesperación cunde... Ha temblado 9 veces con tres sacudimientos fuertes en la mañana. Mueren bastantes heridos, algunos de ellos tirados en la misma plaza.

Día 25 - Ha temblado 9 veces y un solo sacudimiento ha sido fuerte. El fuego menor; la fetidez impide cruzar las calles...

Día 26 - ...Ha temblado 7 veces y el tiempo se mantiene muy sereno. Se asegura que a dos leguas de aquí en el Carril del Rosario, se han abierto enormes rasgaduras, de que vierte abundante agua. En el pueblo está el suelo agrietado, y yo he presenciado el acto de abrirse estas grietas, el que se verifica como un golpe de electricidad. En todo el Norte por el lugar del Sauce, hay aberturas de media vara hasta dos varas de ancho y de mucha profundidad. En otras partes se han formado embudos brotando agua y arena.

Día 27 - ... Tiembla otra vez. ¡Ten piedad Señor de nosotros!

Día 28 - Anoche han habido 7 sacudimientos, 3 de ellos bastante recios.

Día 29 - Han habido 7 sacudimientos, 3 violentos...

Día 30 - Se ha sacado hoy de entre los escombros, una mujer viva aún a los 11 días de estar enterrada... Ha habido dos sacudimientos.

Mendoza, 30 de Marzo de 1861.

I.11. Apuntes sobre el Terremoto de Mendoza, sucedido en la noche del 20 de Marzo de 1861, a través del archivo del Dr. Melitón González del Solar.

Se sintió el temblor en Santiago, Valparaíso, Talca, Copiapó y Andes, donde fué recio.

A la catástrofe de Mendoza, siguiéronse más de treinta temblores, que por horas se sucedieron toda esa noche, con más o menos intensidad, precedidos de fuertes detonaciones. Después del 20 de marzo continuó temblando la tierra por espacio de varios días interrumpidos, hasta el 10 de abril que hubieron cuatro ligeros temblores en el mismo día. Desde esta fecha hasta el 18, sólo hubo uno que otro temblor, apenas perceptibles para las personas avezadas...

Para que tú puedas juzgar sobre la magnitud del desastre de Mendoza, te comunicaré los datos que el señor Zuloaga tuvo la bondad de darme, extraotados del registro que está formando en San Nicolás. Según este señor tenía anotados hasta hoy: 1100 familias damnificadas de diverso modo, 2050 muertos, 755 heridos y una cifra imposible de sumar, en pérdida de capitales, en la circunstancia de que en las cifras referidas apenas figuran 30 familias del centro de la ciudad, siendo casi todas personas de los suburbios.

Si este resumen se obtiene ya, sólo por el registro de uno de los comisionados de la ciudad, imagínate el cuadro que nos espera ver después que se concluyan estos trabajos en toda la provincia.

La Comisión Médica enviada por el Gobierno de Chile, en auxilio de las víctimas del terremoto, constató, según sus apuntes de viaje, los temblores sucesivos que se sintieron en el teatro de la catástrofe y la zona que recorrió el temblor.

Abril 3 - Tembló a las 4.20 p.m.;...precedió un ruido fuerte...

Abril 5 - Tembló a las 3.54 p.m. Tembló a las 3.55 p.m.

Abril 6 - Tembló a la 1 a.m. Tembló a las 5 a.m. Tembló a las 9.55 a.m.
Tembló a la 1 p.m.

Abril 7 - Tembló a las 8.30 a.m. Tembló a las 10.5 a.m. Tembló a las 3.10 p.m.

Abril 8 - Tembló a las 4 a.m.

Abril 9 - Tembló a las 8.30 a.m.

Abril 15- Tembló a las 4 p.m. Sacudimiento marcado de Pl.Ne.

Abril 16- Tembló a las 8 p.m.
Abril 17- Tembló a las 8 a.m. (Temblor recio).
Abril 18- Tembló a las 2 p.m.
Abril 19- Tembló a las 5 a.m. Precedió un ruido fuerte...
Abril 20- Tembló a las 7.30 a.m. El temblor más recio de los sentidos hasta la fecha, después del que ocasionó el temblor: Movimiento de S a N con ondulaciones ligeras. A las 7.40 movimiento ligero.
Abril 22- Tembló a las 2 p.m.
Abril 23- Tembló a las 4.10 a.m.
Abril 24- Tembló a las 7.32 a.m.
Abril 25- Tembló a la 1 a.m. Ruido y sacudimiento recio. A las 9.25 a.m.
Abril 29- Tembló a las 8.10 a.m. A las 8.35 a.m.
Mayo 11 - Tembló a las 11.30 a.m.... Tembló a la 1 p.m. Sacudimiento fuerte.
Mayo 13 - Tembló a las 7.32 p.m.
Mayo 14 - Tembló a las 6.30 a.m. A la 1.34 p.m. ... A la 1.36 p.m.
Mayo 15 - Tembló a las 12.32 a.m.
Mayo 16 - Tembló a las 6.35 p.m.