



PUBLICACION TECNICA N° 18



San Juan

Argentina

Marzo 1993

Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos

Secretaría de Minería

Subsecretaría de Minería

Instituto Nacional de Prevención Sísmica

INPRES

Roger Balet 47 Norte - 5400 - San Juan - Argentina

Tel.: 54-(0)64-231578

Fax: 54-(0)64-234463

Telex 59129 INPRE-AR

Director Nacional: Ing. Juan Carlos Castaño

Los Artículos publicados en esta revista son propiedad de sus autores.

Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier método.

Foto de la Portada: Daños producidos en una iglesia de la ciudad de San Juan y en la Catedral de la Ciudad de La Rioja, por el terremoto del 27 de octubre de 1894.

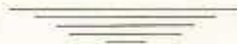
PUBLICACION TECNICA N° 18

CONTENIDO

*La Verdadera Dimensión del Problema
Sísmico en la Provincia de San Juan.*

AUTOR

Ing. JUAN CARLOS CASTANO
DIRECTOR NACIONAL DEL INPRES



PROLOGO

Con el doble objetivo de reafirmar y consolidar la ampliamente desarrollada "Conciencia Sísmica" que posee la población de la provincia de San Juan, resultante del sufrimiento experimentado después de soportar varios terremotos en este siglo y de acrecentar o despertar esa misma responsabilidad en el resto de los habitantes de las provincias del área sísmica nacional, he considerado oportuno recordar las primeras impresiones de un periodista del diario La Prensa de la Capital Federal, publicadas el día 17 de enero de 1944, después de recorrer la zona mas afectada por el gran terremoto de San Juan, ocurrido dos días antes y que expresaban lo siguiente:

"Impresionantes proporciones de catástrofe asumió el intenso terremoto que en contados segundos destruyó la casi totalidad de esta ciudad. El cuadro que se ofreció al corresponsal anoche y sobre todo, esta madrugada, cuando las primeras luces del alba comenzaron a echar claridad sobre lo que hasta ayer por la tarde fue la progresista y populosa ciudad de San Juan, resulta en verdad imposible de describirse con meras palabras. Estas no podrían traducir sino una mínima faz y dar una pálida impresión del aspecto dantesco, casi inenarrable, que presentaba la capital al iniciarse el amanecer. Todas las calles y avenidas aparecían totalmente cubiertas por los escombros, mezcla de muros, cables eléctricos, carteles, árboles, muebles, vehículos deshechos, formando montículos que hacían muy dificultoso el paso hasta de los peatones. La mayoría de los edificios, aún las grandes mansiones, habían quedado destruidas literalmente y sus restos se hacinaban sobre las aceras y calzadas, quedando sólo en algunas zonas unas pocas paredes a medio derrumbar. El observador más sereno se habría conmovido profundamente ante el espectáculo desolador que se repetía en todas las calles, recorriendo los barrios ya céntricos o de extramuros. El drama, angustioso, escalofriante, se renovaba con idénticos tonos en todos los lugares. El coro de gritos de horror y de espanto, y los ayes de dolor de las víctimas que se oyeron durante toda la noche, había cesado en su impresionante agudeza. Pero pasadas las primeras horas de confusión, de indescriptible caos, quedaba todavía, al comenzar la aurora, un murmullo general de lamentos, de quejidos que llegaban de pronto desde un montón de escombros donde los bomberos y soldados del ejército continuaban rescatando víctimas. El orden no se había restablecido del todo ni era posible que lo fuese tampoco a tan escasas horas de la tragedia. Las ambulancias militares y de la asistencia pública, y algunos vehículos

particulares, como así también camiones municipales y todo otro vehículo de que se pudo echar mano, cruzaban las calles conduciendo a los heridos y los cadáveres. Médicos, enfermeras y soldados confundíanse en un solo afán de rescatar de la muerte a los desdichados que, entre las ruinas, clamaban por sus vidas. Por todas partes, grupos de hombres, de mujeres y de niños todavía semiatontados y en la mayor desorientación, vagaban por las calles o se reunían en las plazas, con las ropas deshechas, exhaustos, llorando la destrucción de sus hogares y la muerte de sus seres queridos. En algunos sitios donde hasta horas antes se había levantado una mansión, se encontraban las ruinas humeantes provocadas por los pequeños incendios que se produjeron a raíz de las primeras consecuencias del sismo. Todo era muerte, dolor y desolación. Del interior de algunas fincas semiderrumbadas salían los camilleros del ejército conduciendo sus trágicas cargas y detrás de ellos los parientes de las víctimas, que en pos de cada camilla o vehículo sanitario formaban dolorosos séquitos. De todas partes se oían de tanto en tanto los quejidos patéticos de las víctimas aún con vida que yacían sepultadas entre las ruinas o de los heridos que corrían por las calles en procura de auxilio. La luz del amanecer comenzaba a hacerse más clara. Sobre la ciudad flotaba todavía una nube de polvo que desdibujaba la silueta de los edificios en ruina y acentuaba el tinte dramático de este lúgubre amanecer."

Esta descripción exime de todo comentario, ya que narra con una crudeza conmovedora las terribles consecuencias resultantes de este devastador terremoto. Sin embargo, dado que esta triste experiencia puede repetirse en cualquier lugar del país y que, además, el desarrollo científico no permite aún predecir los terremotos de manera de anticipar su ocurrencia, es necesario el autoconvencimiento de toda la población, pero muy especialmente de las autoridades gubernamentales de las distintas provincias, de que la Prevención Sísmica es el medio más eficaz para reducir y mitigar los trágicos efectos de los terremotos. Para ello es imprescindible poner mayor énfasis en el desarrollo de los programas provinciales de prevención sísmica, en coordinación con el programa que el gobierno nacional ha implementado a través del INPRES desde su creación el 8 de mayo de 1972 (ley 19616). De esta manera se podrá optimizar el trabajo conjunto y obtener los mejores y mas efectivos resultados que redundarán, en última instancia, en beneficio de toda la comunidad.

LA VERDADERA DIMENSION DEL PROBLEMA SISMICO EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN

*Ing. Juan Carlos Castano **

1 - INTRODUCCION

La provincia de San Juan, ubicada en la región centro-oeste de la República Argentina, se localiza en la zona de mayor actividad sísmica del país. Prueba de ello lo constituye la elevada sismicidad que registran las estaciones sismológicas, así como los numerosos terremotos destructivos que la han afectado en los últimos 100 años.

El terremoto del 15 de enero de 1944 fue una verdadera catástrofe para San Juan, tanto por el número de víctimas y daños que ocasionó, como por la manera en que afectó la estructura íntegra de la provincia. Sin embargo, la triste experiencia de esta inmensa desgracia colectiva fue aprovechada positivamente por toda la comunidad sanjuanina, que se concientizó de la ineludible necesidad de tener que convivir con los terremotos, pero también de la asistencia que la ciencia y la tecnología podían ofrecer para ayudar a enfrentarlos con éxito, mediante construcciones adecuadas.

Todo este sentir de la comunidad provincial, apoyado por el gobierno nacional, se vio plasmado con la creación de Consejo de Reconstrucción de San Juan, cuyo accionar, a través de la implementación del nuevo Código de Edificación de la Provincia y de la Oficina de Control, encargada del cumplimiento de las reglamentaciones insertas en dicho Código, fue fundamental para lograr la ciudad reconstruida de nuestros días. Los terremotos ocurridos en 1952 y 1977 dieron pruebas elocuentes del buen comportamiento de las construcciones diseñadas de acuerdo con las normas sismorresistentes y demostraron la extraordinaria labor desarrollada por las autoridades encargadas del control de su cumplimiento.

Después de aproximadamente 20 años de fructífera labor, el Consejo de Reconstrucción de San Juan se transformó en el Consejo Nacional de Construcciones Antisísmicas y de Reconstrucción de San Juan, conocido con la sigla CONCAR, que

* *Director Nacional del INPRES*

Profesor Titular de la Universidad Nacional de San Juan

extendió su accionar al resto del país, construyendo e instalando las primeras estaciones sismológicas y redactando, en 1970, las ampliamente difundidas Normas Antisísmicas CONCAR 70, que durante muchos años constituyeron el reglamento nacional para estructuras sismorresistentes.

En 1972, considerando el Poder Ejecutivo Nacional que el CONCAR había cumplido con creces su cometido en lo referente a la reconstrucción de San Juan, resolvió disolverlo. Sin embargo, comprendiendo sus autoridades que no solamente San Juan estaba expuesta a un elevado nivel de riesgo sísmico, sino que este se extendía a una amplia zona del país y que el CONCAR disponía de una importante infraestructura en equipamiento y personal, decidió crear un nuevo instituto que amalgamara a todo el personal especializado en estas disciplinas y que se hiciera cargo de las obras y el instrumental disponible. Así surgió el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), creado por la ley 19.616 de 8 de mayo de 1972, con dependencia del entonces Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la Nación, hoy Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos, con sede en la ciudad de San Juan y con jurisdicción en todo el país. Dicha dependencia se materializa a través de la Secretaría de Minería.

De lo expresado anteriormente se infiere que el devastador terremoto del 15 de enero de 1944 fue el punto inicial del desarrollo sostenido de la sismología y de la ingeniería sísmica en la República Argentina, disciplinas que, indiscutiblemente, tienen sus centros de excelencia en San Juan, tanto en su Universidad Nacional como en el INPRES y que, desde allí, se proyectan al resto del país.

Todo este progreso evidente de los últimos 50 años no ha tenido su imprescindible complementación con los diferentes aspectos que hacen a la planificación en zona sísmica en sus tres enfoques: preparación para la emergencia sísmica, legislación del uso del suelo y reconstrucción después de un terremoto. Esta parte tan importante de la prevención sísmica, que plantea la necesidad de incorporar el concepto de "riesgo sísmico" a la planificación del desarrollo regional y urbano, es responsabilidad absoluta de los gobiernos provinciales y municipales, ya que es una tarea multidisciplinaria que requiere la participación de diferentes organismos y la correspondiente decisión política para llevarla a cabo. Como consecuencia directa de esta falta de planificación se ha podido comprobar, en los dos últimos terremotos que ocurrieron en el país (Caucete, 1977 y Mendoza, 1985), que lo más destacable después de estos sismos fue

la improvisación con que se manejaron ambas emergencias y todos los demás aspectos, incluyendo la reconstrucción.

Considerando la importancia que reviste la planificación en zona sísmica y la valiosa documentación que el INPRES posee como resultado del estudio de Microzonificación Sísmica del Valle de Tulum, se ha iniciado en la provincia de San Juan un programa que tiene como objetivo llenar el vacío existente en la actualidad.

2 - LOCALIZACION DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN EN EL ESQUEMA GENERAL DE LA TECTONICA DE PLACAS

De acuerdo con la moderna teoría de Tectónica de Placas, la ciudad de San Juan se encuentra ubicada a unos 350 Km al este de la línea de convergencia entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana, que se manifiesta a lo largo de la fosa Peruano-Chilena. En dicho contacto, la Placa de Nazca que se mueve hacia el este, subduce la Placa Sudamericana, que se mueve hacia el oeste. La velocidad de movimiento relativo entre ambas placas, para la latitud en que se ubica San Juan, es de alrededor de 11 cm/año, basada en un promedio de 9,5 cm/año en dirección este, para la Placa de Nazca y 1,5 cm/año en dirección oeste, para la Placa Sudamericana.

Tanto la Placa de Nazca como la Placa Sudamericana se comportan como placas rígidas, por lo que, en las regiones donde ellas se enfrentan con movimientos opuestos, se generan y acumulan grandes tensiones, las que luego son liberadas por medio de una mayor o menor actividad sísmica. También la actividad volcánica a lo largo de la región andina, sobre el borde occidental de la Placa Sudamericana, está estrechamente ligada a los procesos de subducción de la Placa de Nazca, si bien debe aclararse que la provincia de San Juan se localiza en una zona exenta de vulcanismo activo. En la figura 1a se muestra la disposición de las placas con influencia en Sudamérica, mientras que en la figura 1b se presenta un corte transversal a la altura de San Juan, con el objeto de dar una idea más precisa de cómo estarían dispuestas las placas en profundidad. La orientación e inclinación de una placa debajo de la otra se infiere, entre otros aspectos, por la observación y localización de los hipocentros sísmicos, obtenidos mediante el análisis de los registros respectivos. La Placa de Nazca que comienza a subducir la Placa Sudamericana a la altura de la fosa Peruano-Chilena, se horizontaliza debajo de la Cordillera de los Andes, manteniéndose así debajo de la provincia de San Juan, con la actividad sísmica concentrada a unos 100 Km de pro-

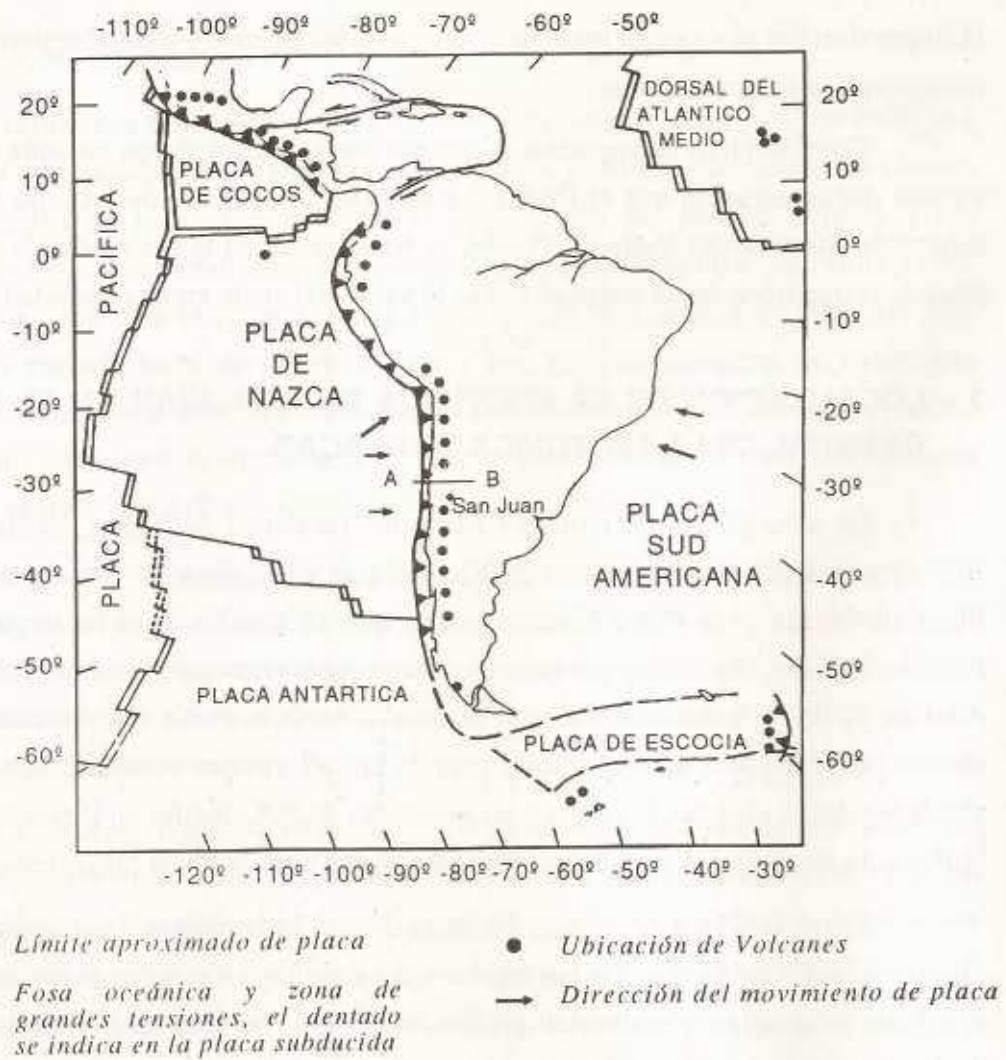


FIGURA 1a: Diagrama esquemático de las placas tectónicas en Sudamérica

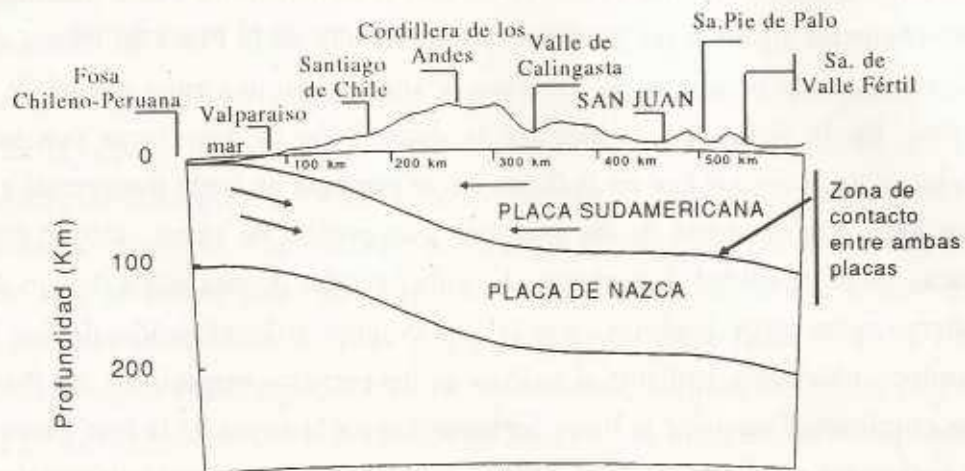


FIGURA 1b: Disposición de las placas tectónicas en profundidad según el perfil A-B, indicado en la figura 1a.

fundidad. Posteriormente vuelve a profundizarse hacia el este hasta llegar al borde oriental de las Sierras Pampeanas.

Por otra parte se infiere que, de la convergencia de estas dos placas, se genera un régimen de esfuerzos de compresión en la Placa Sudamericana, que hace algunos millones de años dio origen a la orogenia Andina y que actualmente se manifiesta como una actividad sísmica superficial extendida desde los 5 Km hasta no más allá de los 50 Km de profundidad, quedando una reducida actividad sísmica entre los 50 y los 80 Km aproximadamente. Esta actividad ocurre tanto en el contacto de las placas como en el interior de las mismas. A los sismos que ocurren en los bordes o contactos de las placas se los denomina sismos interplaca, mientras que a los que se producen en el interior de las placas se los llama sismos intraplaca.

Lo anteriormente expuesto muestra que la teoría de Tectónica de Placas considera a los terremotos como fenómenos naturales que se producen como resultado de un proceso dinámico de la litósfera terrestre, el cual se manifiesta por el movimiento de grandes placas rígidas las que, en sus bordes de colisión, acumulan tensiones que se van liberando a medida que superan la resistencia de las rocas. Debido a este mecanismo, que forma parte del comportamiento global del planeta Tierra, los terremotos no presentan uniformidad en su ocurrencia, tanto en su ubicación geográfica como en sus intervalos de recurrencia. Sin embargo, cada región puede dividirse en zonas caracterizadas por niveles promedios de sismicidad, los que se mantienen a través del tiempo.

Otra característica importante de los terremotos es que se generan a diferentes profundidades del interior de la tierra (desde la superficie hasta los 700 km, aproximadamente), siendo los más superficiales los causantes de mayores daños. Estos terremotos superficiales, generalmente, están asociados a zonas de debilidad observables en el terreno y conocidas como fallas geológicas activas, por ser éstas fuentes generadoras de actividad sísmica.

3 - ACTIVIDAD SISMICA CARACTERISTICA DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN

De acuerdo con lo expresado en el punto anterior, la sismicidad de la provincia de San Juan se concentra en dos zonas perfectamente diferenciadas: la de poca profundidad (5 a 50 Km) y la de profundidad intermedia (80 a 120 Km). Sin embargo,

la distribución de esa actividad sísmica no es uniforme, sino que presenta áreas de mayor concentración tanto de hipocentros como de epicentros, lo que se debe, posiblemente, al régimen general de tensiones a que está sometida toda la región. Esto puede observarse en las figuras 2 y 3, las que representan las distribuciones superficial y en profundidad de la actividad sísmica en toda la provincia.

La figura 3 muestra con claridad que, para las magnitudes aquí consideradas, hay un número mayor de sismos asociados a la placa subducente comparado con el que corresponde a la Placa Sudamericana. Sin embargo, esta situación no se mantuvo cuando se registró la actividad sísmica en un estudio especial que realizó el INPRES en la zona de Cuesta del Viento, cuyos resultados se presentan en la figuras 4a y 4b. Allí se observa un notable predominio de la sismicidad superficial, muy posiblemente relacionada con el fallamiento activo que se muestra en la figura 4a y que tiene evidencias superficiales muy importantes.

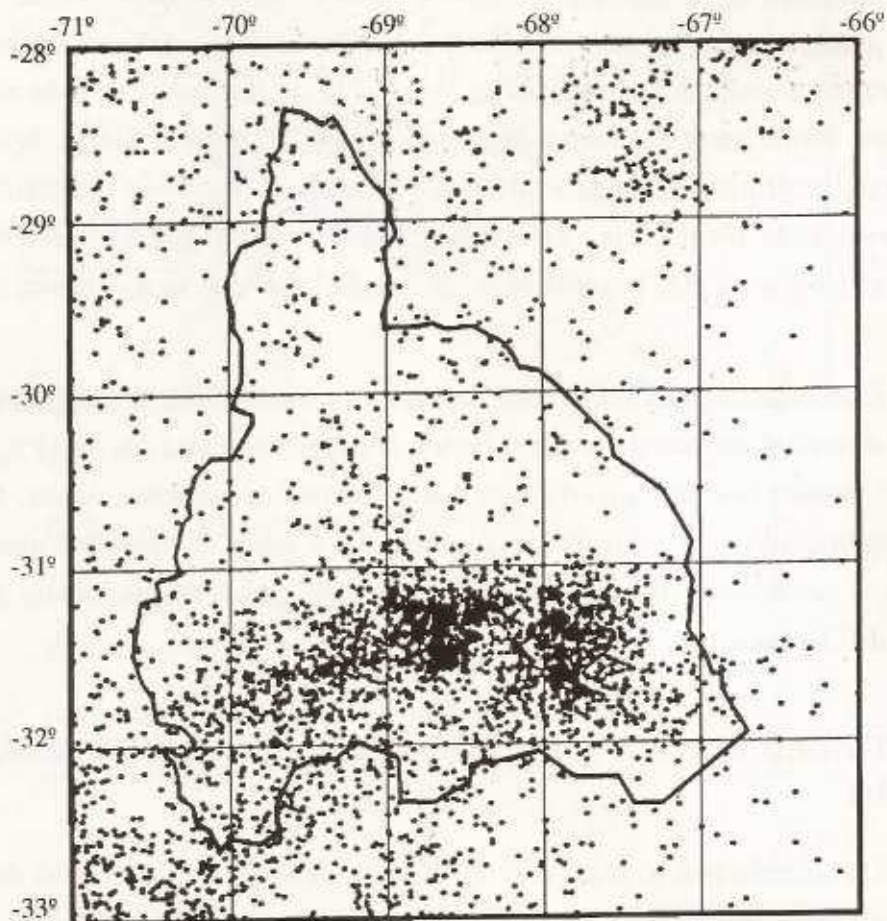


FIGURA 2: Distribución de epicentros en la provincia de San Juan.

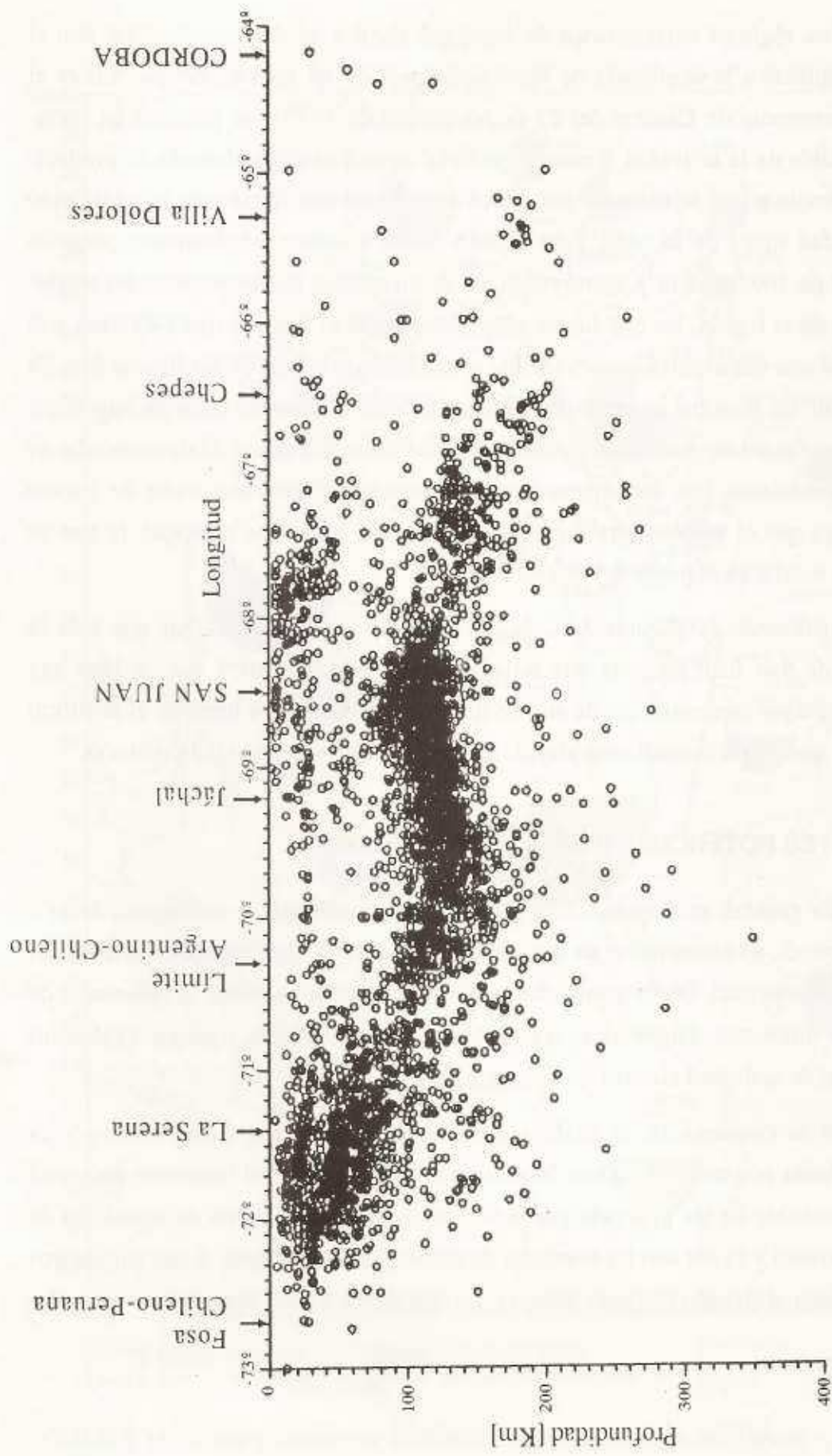


FIGURA 3: Distribución de hipocentros proyectados en un perfil transversal oeste-este, abarcando toda la provincia de San Juan

Este régimen característico de actividad sísmica no debe confundirse con el que corresponde a la ocurrencia de réplicas después de un gran terremoto. Tal es el caso del terremoto de Caucete del 23 de noviembre de 1977, que presentó un incremento notable de la actividad sísmica superficial inmediatamente después de producido el terremoto y que se extendió por varios años, hasta que finalmente se restableció la sismicidad típica de la zona. Esto ocurrió en un volumen relativamente pequeño (alrededor de $100,000 \text{ Km}^3$), como resultado de un cambio de las propiedades elasto-dinámicas de la región, las que fueron alteradas durante el sismo y que volvieron a la normalidad una vez alcanzado nuevamente el equilibrio original. En las figuras 5a y 5b se muestran las distribuciones de las réplicas de este terremoto, tanto en superficie como en profundidad. En dichas figuras, también se muestra que el 23 de noviembre de 1977 se produjeron dos terremotos, con un mecanismo conocido como de evento múltiple, ya que el primero sirvió como detonador del terremoto principal, lo que se explica en detalle en el punto 5.5 de este trabajo.

Analizando las figuras 2, 3, 4a, 4b, 5a y 5b, se puede concluir que toda la provincia de San Juan presenta una actividad sísmica importante y que, si bien hay zonas con mayor concentración de sismos que otras, no existe un lugar en el territorio provincial que pueda considerarse alejado del peligro que esta actividad involucra.

4 - FUENTES POTENCIALES DE ACTIVIDAD SISMICA

En general, se denominan fuentes sísmicas potenciales a volúmenes, áreas o líneas discretas, en el interior o en la superficie de la tierra, que posean características propias de sismicidad. Dicha sismicidad puede manifestarse mediante la ocurrencia de sismos de diferentes magnitudes, registrables en la actualidad, o como evidencias indicadoras de actividad sísmica histórica y prehistórica.

En lo concerniente al análisis del peligro sísmico, una fuente sismogénica queda definida por tres parámetros fundamentales, que son: a) el terremoto potencial máximo probable de ser generado por la fuente; b) el período medio de repetición de dicho terremoto y c) los niveles normales de sismicidad de la fuente. Estos parámetros se determinan utilizando distintas técnicas, las que dependen del tipo de fuente involucrada.

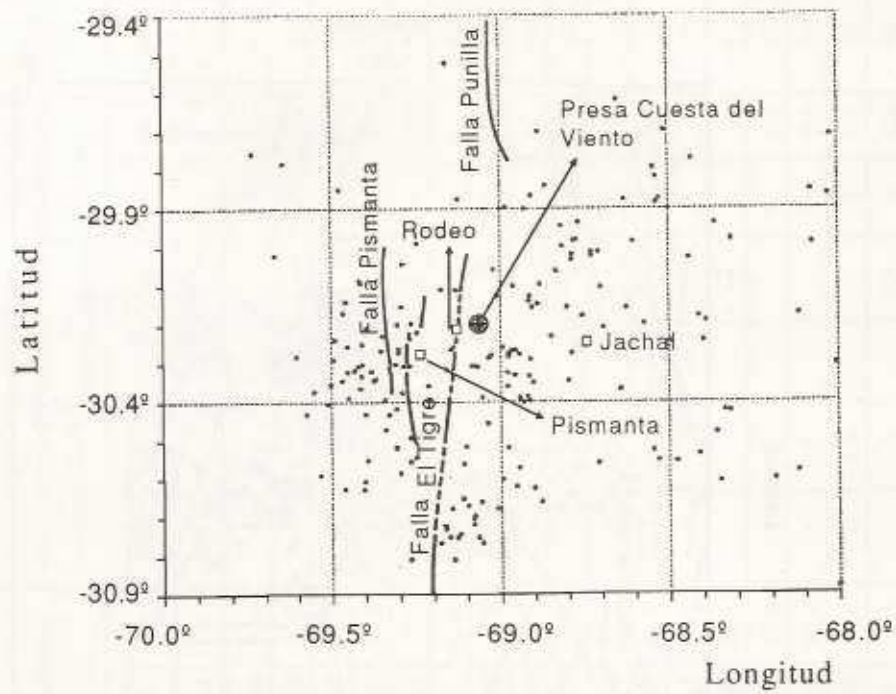


FIGURA 4a: Distribución de epicentros y fallamiento activo en la zona de Cuesta del Viento. Intervalo de registro seis meses.

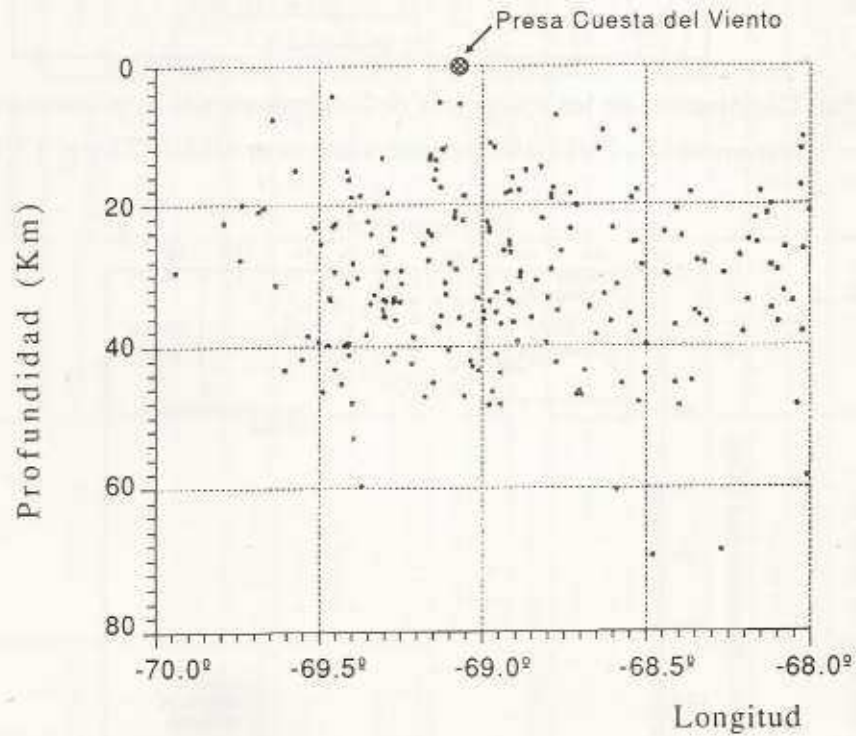


FIGURA 4b: Distribución de hipocentros proyectados en un perfil transversal oeste-este a la altura de la Presa Cuesta del Viento

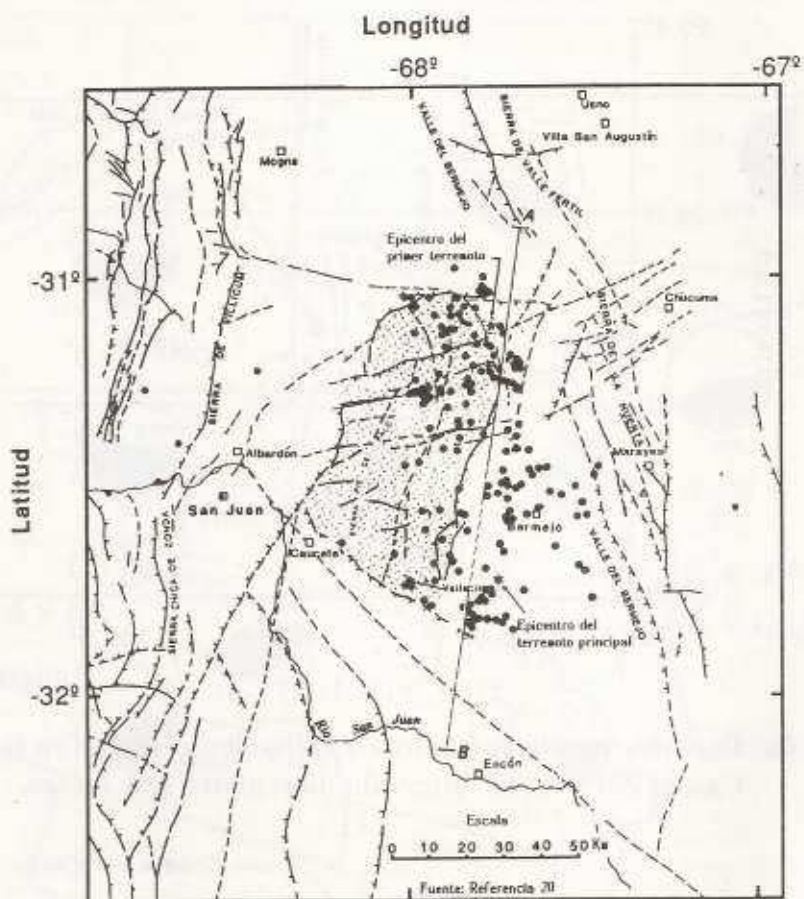


FIGURA 5a: Distribución de los epicentros de las réplicas más importantes del terremoto del 23/11/1977, registradas entre 6/12/1977 y el 17/12/1977.

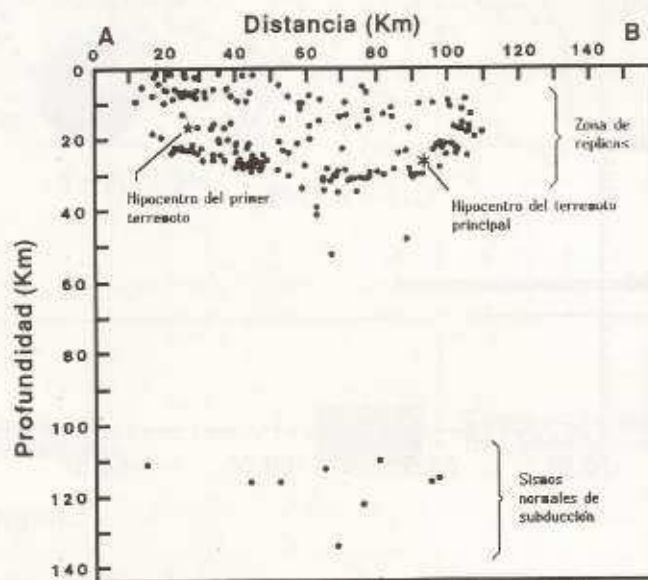


FIGURA 5b: Distribución en profundidad de las réplicas más importantes del terremoto del 23/11/1977, (según corte A-B de la Figura 5a)

4.1 - Las fallas geológicas como fuentes generadoras de actividad sísmica.

Aunque en la provincia de San Juan existen diferentes tipos de rasgos estructurales y morfológicos, los de interés preponderante para el análisis del peligro sísmico son las fallas geológicas. Sin embargo, no todas las fallas tienen la misma importancia para este tipo de estudio, ya que la misma depende de la mayor o menor potencialidad que ellas tengan para generar terremotos. A las que poseen en mayor grado estas características se las denomina "fallas activas".

En general, el término falla activa se emplea para designar fallas, segmentos de fallas o sistemas de fallas a lo largo de los cuales se han producido desplazamientos relativos o ruptura en superficie, acompañados de terremotos moderados o intensos, durante el período Holoceno, es decir durante los últimos 10.000 años aproximadamente. La localización de las fallas activas permite, mediante estudios especializados, conocer la evolución de la sismicidad asociada a las mismas, ya que las rupturas históricas y prehistóricas debidas a terremotos permanecen como evidencias indestructibles de lo acontecido en el pasado.

El análisis completo que se necesita realizar para caracterizar con la mayor precisión y confiabilidad una falla activa, definida como fuente sísmica potencial, requiere emplear en forma sucesiva, la totalidad o algunos de los siguientes métodos: a) de sensores remotos; b) geofísicos; c) topográficos y d) de excavación de trincheras. Estos métodos, que en su conjunto sirven para conocer los últimos miles de años de historia sísmica de una región, constituyen una disciplina científica desarrollada recientemente, denominada paleosismicidad, habiendo sido introducida en el país por el INPRES en el año 1980 como parte del estudio de microzonificación sísmica del valle de Tulum, provincia de San Juan, que fue el primer estudio de microzonificación sísmica que se realizó en América Latina.

En la provincia de San Juan se han localizado y analizado, por diferentes autores, varias fuentes sísmicas potenciales, cuyas características principales se presentan en forma resumida en la Tabla 1 y sus ubicaciones se muestran en la figura 6. En esta misma figura se superponen los epicentros de los terremotos más importantes ocurridos en la provincia de San Juan, los que están asociados, o se los considera asociados a algunas de las fallas descritas anteriormente.

Tabla 1
Características principales de las fuentes sísmicas potenciales
localizadas en la provincia de San Juan

Tipo y denominación de la fuente	Magnitud Máxima (Ms)	Intervalo de recurrencia (años)
A - Fallas Activas		
1 - Punilla-La Bolsa	7,5	950
2 - Pismanta	7,3	4.000
3 - El Tigre	7,8	1.250
4 - La Cantera	6,9	5.000
5 - Maradona-La Deheza	7,3	8.000
6 - Precordillera Oriental	7,5	400
7 - Ampacama-Niquizanga	7,8	4.000
8 - Valle Fértil	7,0	3.000
B - Zonas		
Subducción	7,5	1.000
Sureste San Juan	6,0	200

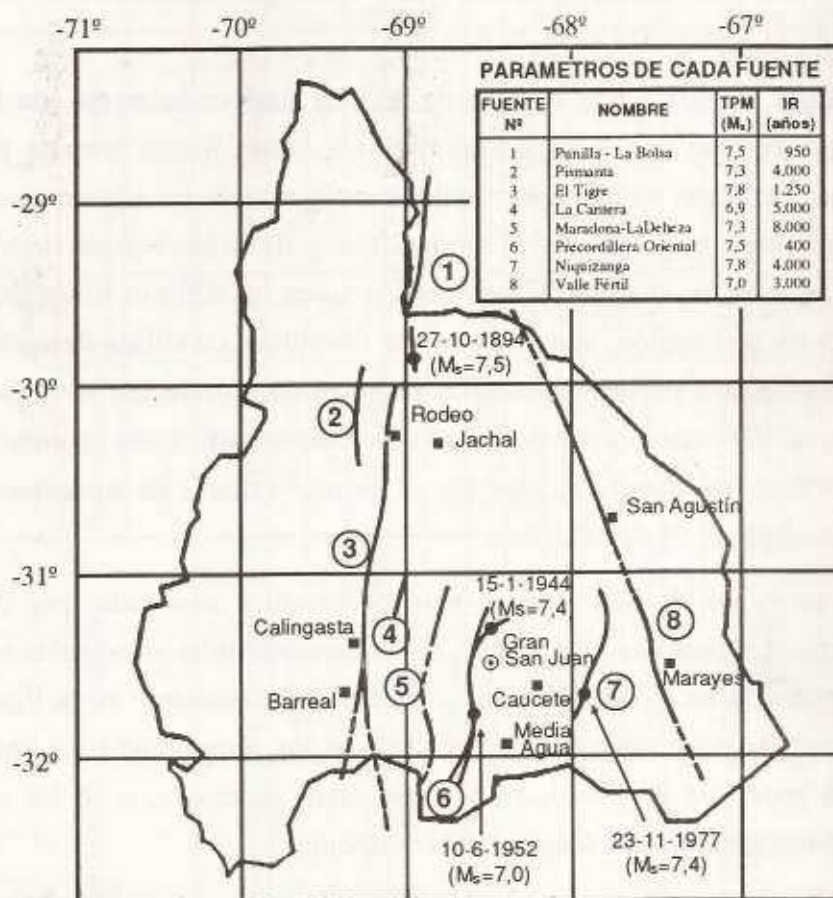


FIGURA 6: Ubicación de fallas activas en la provincia de San Juan.

Observando esta figura y analizando la tabla correspondiente surge, con toda claridad, el elevado nivel de peligro sísmico a que está expuesta toda la provincia y, muy especialmente, el Valle de Tulum.

4.2 - Otras fuentes sísmicas potenciales

Además de las fallas activas, existen en la provincia de San Juan otras fuentes sismogénicas que, por sus características, pueden producir terremotos, aunque potencialmente no tan destructivos como los anteriores.

La más importante de estas fuentes es la denominada zona de subducción, que corresponde a la zona de contacto de las placas tectónicas debajo de la provincia de San Juan, a unos 100 Km de profundidad (figura 1), la que presenta una actividad sísmica considerable y puede generar terremotos con magnitud de hasta 7,5 grados Richter. Esto hace que, a pesar de la considerable profundidad, esta zona tenga potencialidad sísmica como para producir daños relativamente importantes en la provincia de San Juan.

La segunda zona con características propias de sismicidad, es la ubicada al sureste de esta provincia, que si bien no presenta antecedentes de grandes terremotos tiene la potencialidad de generar alguno de magnitud moderada ($M_s = 6,0$), el que podría causar daños en el caso de ocurrir a muy corta distancia de zonas pobladas.

En la misma Tabla 1 se presentan los parámetros característicos de estas dos zonas sísmicas.

5 - CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS GRANDES TERREMOTOS OCURRIDOS EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN

Lo que podemos considerar como la actividad sísmica típica de la provincia de San Juan, presentada en el punto 3, ha tenido sus momentos culminantes cuando se produjeron los terremotos más importantes que afectaron de diferente manera, tanto a la población como a la estructura socio-económica de la provincia.

Es muy importante destacar que San Juan experimentó cinco terremotos destructivos en los últimos cien años y que, en los 300 años anteriores, no hay evidencias históricas de este tipo de desastre. Esto no puede deberse a una falta de información,

puesto que en los escritos de esa época aparecen informes de terremotos chilenos sentidos en San Juan, sino más bien a la presencia de ciclos de diferentes niveles de sismicidad, en los que se observan intervalos de una cierta tranquilidad seguidos de períodos de mayor actividad sísmica. Un comportamiento similar ha sido comprobado en regiones del mundo donde se tienen registros sísmicos de más de 1.000 años.

A continuación se presenta una descripción resumida de las características más destacables de estos terremotos y de las consecuencias por ellos producidas.

5.1 - Terremoto del 27 de octubre de 1894

El 27 de octubre de 1894, a la cuatro y media de la tarde, se produjo un terremoto con epicentro en el noroeste de la provincia de San Juan, el que, a juzgar por los efectos producidos y por la extensión de la zona afectada, sería el más importante de todos los que ocurrieron en nuestro país desde la colonización española. Ocasionó daños de consideración en casi todas las localidades de las provincias de San Juan y La Rioja, incluyendo sus ciudades capitales. También produjo daños, aunque en menor grado, en las provincias de Mendoza, San Luis, Córdoba y Catamarca. Fue percibido en un área de más de tres millones de Km², desde Choele-Choel y Bahía Blanca hasta Corrientes y Salta, en territorio argentino, desde Copiapó hasta Concepción, en Chile y también en algunas ciudades del sur de Brasil. La zona donde se registraron los mayores daños abarcó las poblaciones de Iglesia, Rodeo, Pismanta, Huaco, Mogna, Tucunuco, Niquivil, Albardón y Angaco, en la provincia de San Juan y Guandacol y Villa Unión en la de La Rioja.

En esa época gobernaba San Juan Don Domingo Morón, quién no sólo enfrentó este desastre con la energía y decisión que imponían las circunstancias, sino que además consideró necesario estudiar en el terreno los efectos del terremoto y las causas de tanta destrucción. Para tal fin y como uno de sus primeros actos de gobierno, después de producida la catástrofe, encargó al director de la Escuela Nacional de Minas, Ing. Leopoldo Gómez de Terán, el nombramiento de una comisión especial. Fueron designados al efecto los ingenieros Don Angel Cantoni y Don Leopoldo Caputo, acompañados de tres alumnos de dicha Escuela, para explorar los Departamentos Albardón, Angaco Norte, y Angaco Sur, donde se habían producido daños de mucha consideración. Además, a petición del gobernador, la Universidad Nacional de Córdoba envió al doctor en Geología Don Guillermo Bodenbender y el Museo de La Plata a

su director, Don Rodolfo Hauthal, para profundizar los estudios e investigaciones sobre este terrible terremoto.

Era presidente de la República el Dr. Luis Sáenz Peña, quien constituyó una Comisión Nacional de Auxilio, designando presidente de ella al cirujano del ejército Dr. Marcial Quiroga, quien una vez llegado e instalado en San Juan, formó subcomisiones de auxilio en los distintos departamentos afectados.

Por otra parte, el ministro de Gobierno e Instrucción Pública de la provincia, recibió informes detallados de los comisionados municipales en cada una de las poblaciones afectadas por el terremoto.

También el Ministro de Obras Públicas de la Nación envió a los ingenieros Joaquín Belgrano y Jaime Rocamora, para inspeccionar los perjuicios provocados por este terremoto y evaluar las pérdidas.

Como consecuencia de esta actitud visionaria, propia de los políticos y estudiosos de hace un siglo, quienes consideraban a la investigación como base del desarrollo científico y tecnológico, se puede afirmar, después de haber compilado esa voluminosa documentación, que el terremoto del 27 de Octubre de 1894 es, posiblemente el más documentado en el mundo, de todos los ocurridos durante el siglo pasado.

Esta valiosa información, analizada a la luz de los conocimientos actuales, permite sacar conclusiones estimativas respecto de los parámetros básicos que caracterizaron a este gran terremoto.

El sismo produjo daños similares en las ciudades capitales de San Juan y La Rioja, consistentes principalmente en caídas de cornisas y rajaduras de paredes, no registrándose muchos colapsos. Sin embargo, estos daños, que exteriormente aparentaban ser relativamente leves, se transformaban en daños importantes cuando se inspeccionaban detalladamente los interiores de las viviendas. Al respecto, el informe del Ing. Belgrano dice en uno de sus párrafos, refiriéndose a la ciudad de San Juan: "El aspecto que ella presenta es que los perjuicios ocasionados por el temblor no revisten mayor importancia, pues solamente se notan algunos muros del frente rajados, parapetos y cornisas la mayor parte derrumbados y las torres de las iglesias bastante deterioradas, de manera que no parece que el movimiento de tierra hubiera producido los deterioros que en realidad existen y que solamente haciendo una visita detenida

puede notarse su magnitud”.

Desde la ciudad de San Juan hacia el norte y desde la de La Rioja al oeste, los daños fueron aumentando gradualmente hasta alcanzar su máximo en las localidades de Iglesia, Pismanta, Rodeo, Mogna, Huaco y Guandacol. A ello debemos agregar que, mientras en San Juan y La Rioja el terremoto comenzó suavemente dando tiempo a los moradores a huir de sus viviendas hacia lugares abiertos, lo que es indicativo de un epicentro lejano, en el Valle de Iglesia el movimiento se inició violentamente, destruyendo en instantes todo lo existente, señal evidente de un epicentro muy cercano.

Del análisis de la información recopilada se confeccionaron las curvas de igual intensidad sísmica (isosistas), las que se presentan en la figura 7.

Como consecuencia directa de la intensidad del terremoto y de la rapidez con que llegó la onda destructiva, hubo nueve muertos en Mogna, siete en Rodeo, ocho en Las Flores, seis en Iglesia, dos en Huaco, a pesar de la baja densidad de población de todos estos pueblos, mientras que en la ciudad de San Juan, incluyendo Concepción y Santa Lucía, murieron solamente doce personas, en Albardón cuatro, en Angaco uno, en Jachal tres y en la ciudad de La Rioja ocho.

Las crónicas de la época coinciden en manifestar que este terremoto se caracterizó, fundamentalmente, por su larga duración. Al respecto, el Ing. Juan M. Siri quien, como alumno de la Escuela Nacional de Minas, integró la comisión de evaluación de los daños del terremoto de 1894 y que posteriormente experimentó el terremoto de 1944, en su trabajo “Los terremotos en la región de Cuyo” expresa textualmente: “Testigo presencial del terremoto de 1894 en San Juan, jamás cruzó por mi mente que el azar me deparara la triste suerte, de poder testimoniar otro por cierto muy superior a aquél en su poder destructivo. No obstante ello, el del 27 de octubre del citado año, por su larga duración y su carácter particularmente ondulatorio, quizá aterrorizó más a sus habitantes que el producido el 15 de enero de 1944”.

Otro aspecto muy importante del terremoto de 1894, estuvo dado por las espectaculares alteraciones del terreno provocadas por el sismo en un área extremadamente extensa. Este fenómeno, que se manifestó por agrietamientos del terreno y salida de abundante agua, ha sido muy estudiado en la actualidad y se lo denomina técnicamente “licuación de suelos”. La causa principal del mismo, en los suelos no cohesivos saturados, durante los terremotos, es la acumulación de presiones hidrostáticas excesivas, las cuales surgen como consecuencia de la aplicación de tensiones de corte cíclicas

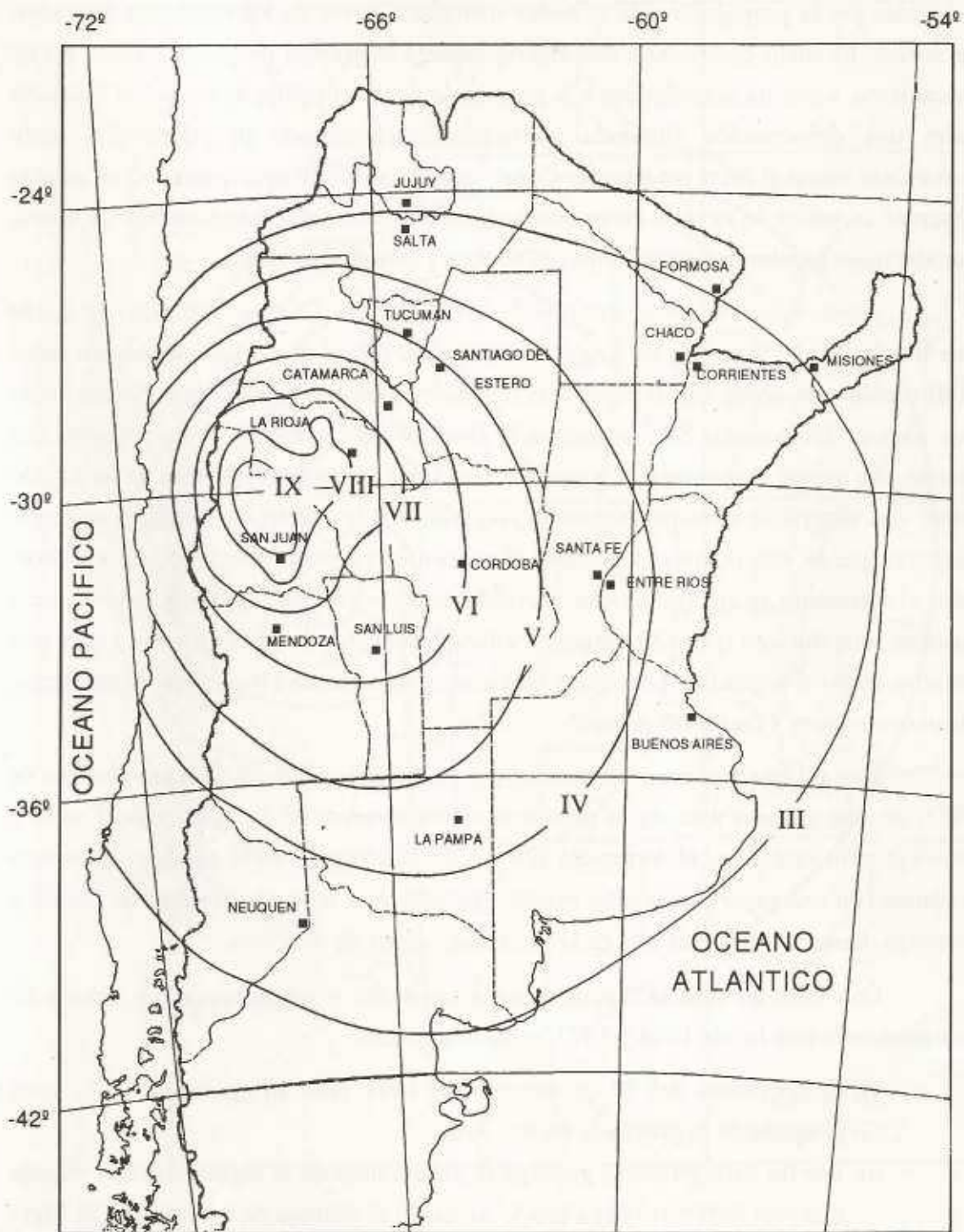


FIGURA 7: Distribución de intensidades para el terremoto del 27 de octubre de 1894.

inducidas por la propagación de la ondas sísmicas a través de los diferentes depósitos de suelos. El suelo comienza a deformarse cuando la presión de poros, debido a este mecanismo, aumenta acercándose a la presión de confinamiento, hasta que al igualarla sufre una deformación ilimitada perdiendo prácticamente su resistencia, comportándose como si fuera un líquido. Como manifestación de este fenómeno se pueden observar ascensos de agua, a veces como chorros de hasta dos o tres metros de altura, inundaciones locales, agrietamientos del terreno y arenas movedizas.

A este respecto, en el informe de los ingenieros Cantoni y Caputo se puede leer lo siguiente: "Entrando en Angaco Norte, observamos que las grietas tienen todas la dirección este-oeste, con la misma inclinación y anchura variable que alcanza hasta dos metros. En Angaco Sur, visitamos la finca del señor Pastore, que presenta dos grietas con varios reventones de agua. En esta finca, el terreno en parte se ha bajado sobre una superficie bastante extensa y, juzgando por los destrozos habidos, se puede asegurar que en este punto el fenómeno sísmico tuvo un gran paroxismo. En el Albarcón, el terremoto se manifestó con un ruido sordo y con ondulaciones de noreste a suroeste, que duraron como 30 segundos y fueron seguidas de otras de oeste a este, que duraron como 6 segundos. Las aguas brotaron con fuerza en el segundo movimiento, alcanzando hasta 2 metros de altura".

Este mismo fenómeno se observó durante el terremoto del 23 de noviembre de 1977, en una extensa área de la provincia, especialmente en los Valles de Tulum y Bermejo. Sin embargo, el terremoto del 27 de octubre de 1894 produjo el mismo fenómeno en una superficie mucho mayor, que incluyó a los valles de Iglesia, Tulum y Bermejo, hasta su parte más alta en la localidad riojana de Vinchina.

Con base en toda la documentación analizada y comparando los efectos de este terremoto con los de 1944 y 1977, se concluye que:

- a) El terremoto del 27 de octubre de 1894 tuvo su epicentro en la zona noroeste de la provincia de San Juan.
- b) Por las características geológicas y tectónicas de la región, es muy posible que este terremoto haya estado asociado al sistema de fallamiento El Tigre (figura 6), descrito previamente en este trabajo.
- c) Por la extensión del área con notables alteraciones del suelo y la amplitud de la superficie con construcciones dañadas, es evidente que este terremoto fue el de mayor magnitud de los registrados en nuestro país, habiendo

alcanzado por lo menos un valor de 7,5 en la escala Richter, pudiendo haber llegado hasta los 8 grados.

- d) El terremoto del 27 de octubre de 1894 afectó seriamente la zona donde se está construyendo actualmente el Dique Cuesta del Viento, lugar en el que alcanzó su máxima intensidad, lo que debe tenerse en cuenta en todo momento.

5.2 - Terremoto de 3 de julio de 1941

En la provincia de San Juan, donde los terremotos constituyen el desastre natural predominante, es común que la mayoría de sus habitantes recuerden las fechas en que se produjeron los principales eventos sísmicos. Sin embargo, hay un terremoto que no ha perdurado en la memoria de los sanjuaninos y que, si bien no fue tan desastroso como los demás, por ser el primero de los ocurridos en este siglo, debió constituir un toque de atención para las autoridades gubernamentales de aquella época. Este terremoto se produjo a las tres horas y doce minutos de la madrugada del 3 de julio de 1941, dos años y medio antes del gran desastre del 15 de enero de 1944. Sacudió con violencia todo el territorio provincial durante unos 30 segundos, siendo los departamentos más castigados Caucete y 25 de Mayo, donde se registraron daños de consideración en construcciones de adobe. En la localidad de Villa Santa Rosa murieron dos personas al derrumbarse la vivienda que habitaban. También hubo daños, pero de menor cuantía, en los departamentos de Albardón, Angaco y Sarmiento. Los daños principales se caracterizaron por derrumbes de cornisas y agrietamientos múltiples en las paredes de las viviendas. En la figura 8 se muestran las curvas isosistas correspondientes a este terremoto.

El Observatorio Geofísico de Pasadena, California, registró este terremoto, asignándole una magnitud de 6,3 grados en la escala de Richter, lo que pone de manifiesto la importancia regional del sismo. Su epicentro se ubicó en la zona sudeste del cerro Pie de Palo. Fue seguido de numerosas réplicas, lo que aumentó el estado de pánico de la población.

Este terremoto se produjo cuarenta y siete años después del gran terremoto del 27 de octubre de 1894. Fueron cuarenta y siete años de una calma aparente que cambió por un período de notable actividad, ya que el sismo del 3 de julio de 1941 fue el comienzo de una serie de terremotos destructivos que continuó el 15 de enero de 1944,

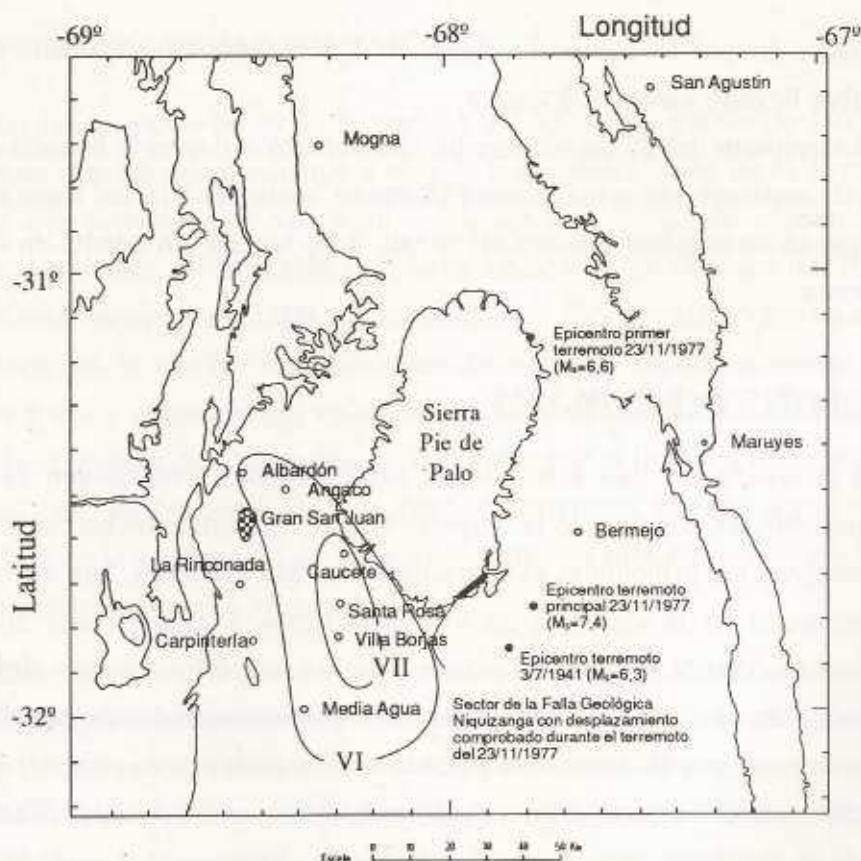


FIGURA 8: Distribución de intensidades para el terremoto del 3 de julio de 1941.

el 10 de junio de 1952 y el 23 de noviembre de 1977. Esto constituye una demostración más de la necesidad de estar permanentemente preparados para enfrentar a estos embates de la naturaleza.

Como puede observarse en el mapa de la figura 8, el terremoto del 3 de julio de 1941 tuvo su epicentro en la misma zona del que ocurrió el 23 de noviembre de 1977 y además hubo coincidencia en las áreas donde se produjeron los mayores daños, aunque el de 1977 fue mucho más destructivo. Al igual que este último, el de 1941 ocasionó daños en las vías del Ferrocarril Belgrano, a la altura de Vallecito, lo que es una prueba más de su similitud.

El terremoto de 1977 dejó marcadas en el terreno las huellas de su ocurrencia, ya que la denominada falla geológica de Niquizanga, que cruza la ruta 20, se desplazó verticalmente unos 40 centímetros a lo largo de casi 10 km, como clara evidencia superficial del mecanismo en profundidad de este fenómeno sísmico. Es casi seguro que el terremoto del 3 de julio de 1941, por la ubicación del epicentro, se generó en la

misma falla geológica, la cual ha tenido actividad en forma reiterada a través del tiempo.

El terremoto del 3 de julio de 1941 fue ignorado totalmente y dos años y medio después, el 15 de enero de 1944, tuvimos el desastre más grande de este siglo en nuestro país. Ni siquiera fue tenido en cuenta después de 1944 para alertar sobre la posibilidad de que el sismo de 1941 se repitiera en el futuro y afectara a la misma zona, como finalmente ocurrió el 23 de noviembre de 1977.

5.3 - Terremoto del 15 de enero de 1944

El 15 de enero de 1944, unos minutos antes de las 9 de la noche, se produjo un terremoto de gran magnitud que destruyó casi completamente a la ciudad de San Juan y muchas localidades vecinas. Por su tremendo poder destructivo y el elevado número de víctimas que ocasionó, este terremoto constituye el desastre natural más significativo de la Argentina durante este siglo, solamente comparable con el mismo fenómeno que destruyó a la ciudad de Mendoza el 20 de marzo de 1861.

Su epicentro se ubicó a unos 20 Km al norte de la ciudad de San Juan, en las proximidades de la localidad de La Laja, departamento de Albardón. Alcanzó una magnitud de 7,4 grados en la escala de Richter y dejó evidencias superficiales de su ocurrencia en los desplazamientos verticales que sufrió la falla geológica de La Laja, los que promediaron 40 cm en una longitud cercana a los 10 Km. La muestra más notable del movimiento de esta falla se observó en el camino que conduce a la mencionada localidad, el que quedó cortado por el escalón de casi medio metro que se formó como consecuencia de ese movimiento vertical, situación que fue documentada fotográficamente por un vecino del lugar. Esta falla fue, sin lugar a dudas, la fuente generadora del terremoto de 1944, como se muestra en el mapa de la figura 6.

A diferencia de los terremotos del 23 de noviembre de 1977, cuyo mecanismo especial se explica más adelante, y del 27 de octubre de 1894, seguramente de mayor magnitud, el del 15 de enero de 1944 fue de relativamente corta duración y de menor área total de percepción del fenómeno. Así por ejemplo, si tomamos como puntos de referencia a las ciudades de Córdoba y Buenos Aires, los dos primeros terremotos fueron sentidos con más intensidad que el de 1944 e, inclusive, el de 1894 produjo daños de cierta importancia en la ciudad de Córdoba, además de La Rioja, Mendoza y San Luis. Esto indicaría, entre otras cosas, un mecanismo diferente de

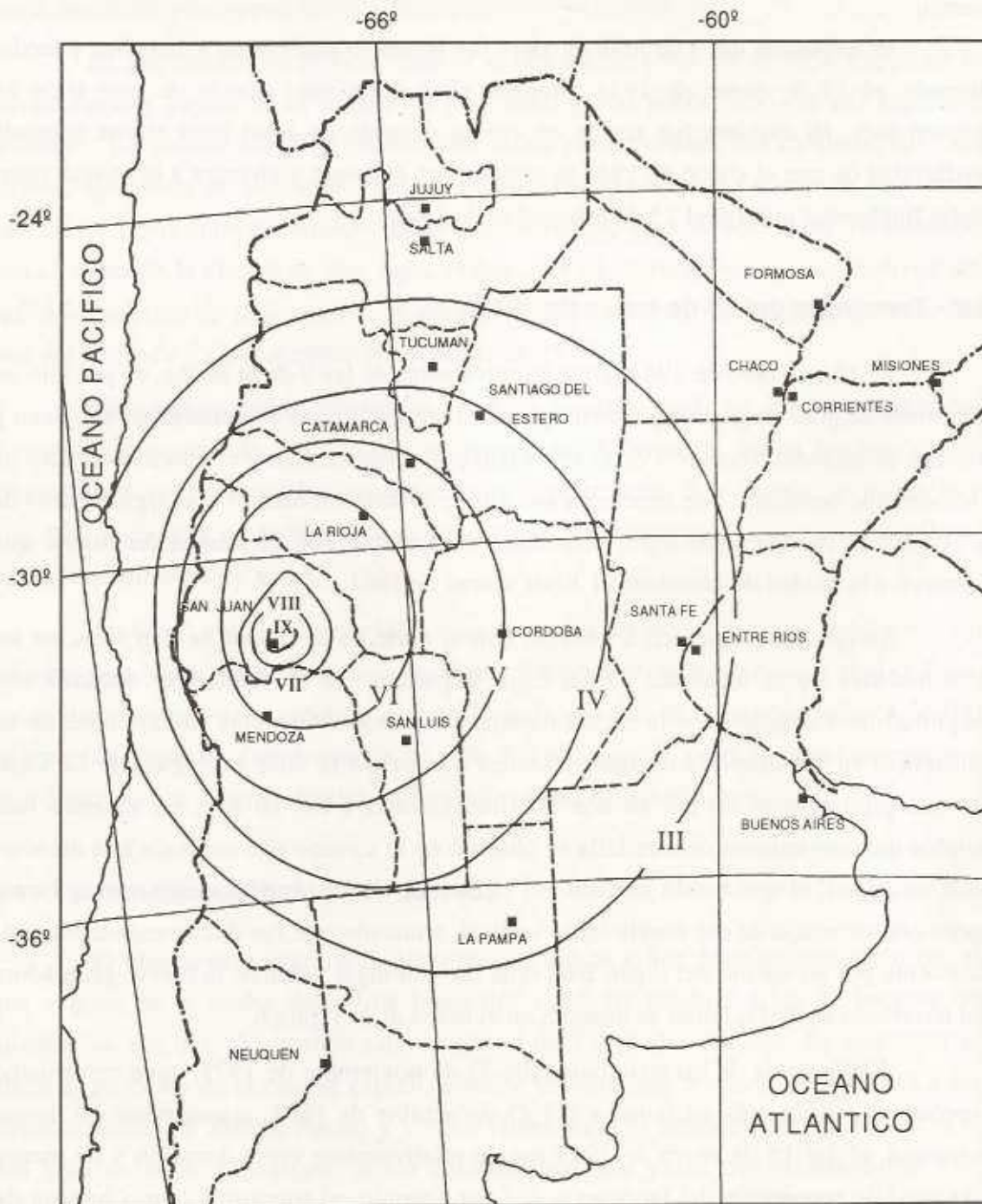


FIGURA 9: Distribución de intensidades para el terremoto del 15 de enero de 1944.

generación de ambos eventos sísmicos.

El área de mayor destrucción se localizó en la ciudad de San Juan, especialmente en su sector norte (Concepción), y los departamentos de Albardón, Angaco, Ullum, Chimbas, San Martín y Caucete. En el mapa de la figura 9 se presenta la distribución de intensidades de este terremoto. Es importante hacer notar que en toda el área afectada predominaban las construcciones de adobe o de ladrillo cerámico macizo, generalmente de mucha antigüedad y, lógicamente, sin ningún tipo de refuerzo para prevenir los efectos de los terremotos.

Es bastante difícil estimar el número total de muertos que se produjeron como consecuencia de este terremoto, por las contradictorias informaciones que aparecen en los documentos de la época como resultado de la tremenda conmoción y lógica confusión que produjo este gran desastre. Los datos más precisos se refieren a las pequeñas localidades de aquel tiempo, donde fue más fácil establecer la cantidad de víctimas resultante de la catástrofe. Así podemos leer que en Albardón hubo 115 muertos y 300 heridos, en San Martín 100 muertos y 220 heridos, en Angaco 47 muertos y 26 heridos, en Chimbas 32 muertos y 62 heridos y en Caucete 3 muertos y 7 heridos. Estas cifras dan una idea de la elevada cantidad de muertos en relación al número total de habitantes.

Además, es necesario resaltar que, para evitar epidemias dado lo avanzado del verano, las autoridades provinciales ordenaron incinerar los cadáveres, lo que dificultó aún más conocer con exactitud el número total de víctimas. Sin embargo, teniendo en cuenta que la información oficial brindada el 19 de enero de 1944 consignaba que, hasta ese momento, se habían incinerado 3.000 cadáveres, se puede inferir que el número total de muertos superó ampliamente los 5.000 y puede haber estado próximo a los 10.000, como lo han estimado los sobrevivientes de aquella catástrofe.

Por otra parte, la presencia de un desplazamiento en superficie de la falla de La Laja constituyó una clara evidencia de la poca profundidad del foco de este terremoto, lo que fue ratificado por la gran cantidad de réplicas que siguieron al sismo principal, algunas de ellas de tal magnitud que produjeron nuevos daños o terminaron de derrumbar lo que había quedado en pie. En ese sentido el corresponsal de un diario informa que el día 19 de enero "alrededor de la 15.20 se registró un movimiento de escasa intensidad, pero a las 15.30 un sacudón violento dio la sensación de una nueva catástrofe, lo que produjo una gran alarma entre la población. Se cree que este sacudón

fue el de más intensidad después del terremoto del sábado y de todos los registrados hasta ahora. Se produjeron nuevos desprendimientos de paredes”.

Es importante hacer notar que el terremoto de 1944 no produjo daños en la infraestructura básica de la ciudad de San Juan, como puede inferirse del siguiente informe: “La ciudad conserva intactas sus calles pavimentadas, sus caminos, sus vías férreas, sus líneas de teléfonos y telégrafos, sus cañerías de agua corriente y de cloacas”. Este buen comportamiento de la infraestructura está directamente relacionado con el suelo de la ciudad de San Juan, el que, por sus características constitutivas, no sufrió los efectos de la licuación, a diferencia de lo que ocurrió en muchas zonas del este del Valle de Tulum durante el terremoto de 1977.

Sin embargo, este fenómeno también se manifestó, en menor proporción, durante el terremoto de 1944 en esa misma región. Al respecto, en un informe de los efectos producidos por dicho terremoto en el departamento San Martín, se puede leer que: “En la cancha de fútbol allí existente vimos grietas surgentes por las que afloraban aguas sulfurosas y arena”.

Es difícil evaluar las pérdidas económicas ocasionadas por este terremoto. Un informe preparado por la Secretaría de Obras Públicas de la Intervención en San Juan, pocos días después de ocurrida la catástrofe, indicaba que se estimaban valores de 100 millones de pesos en daños materiales y de 300 millones en pérdidas en el comercio y la industria, o sea un total de 400 millones de pesos, de aquella época.

5.4 - Terremoto del 10 de junio de 1952

El otro evento sísmico importante que afectó a San Juan en este siglo fue el que ocurrió en la noche del 10 de junio de 1952. Se produjo a las 21 horas y 30 minutos de ese día, alcanzando una magnitud de 7,0 grados Richter. Su epicentro se ubicó al sudoeste de la ciudad capital, estando la zona más afectada circunscrita a los Departamentos de Zonda, Pocito y Ullum. Hubo algunos heridos y solamente falleció una niña en Villa Aberastain, al ser aplastada por una pared que se derrumbó. Los daños de mayor importancia se produjeron en las localidades de El Abanico, Villa Aberastain, La Rinconada, Pocito, Carpintería y Zonda. En la primera de ellas, que fue donde se produjeron los mayores daños, se destruyeron alrededor de 200 viviendas precarias, por lo que la intensidad llegó a VIII grados en la escala Mercalli Modificada. En la ciudad capital el sismo se sintió muy fuerte, aunque ocasionó muy pocos y leves

daños, estimándose su intensidad en el grado VI MM.

El terremoto fue percibido en una extensa región que abarcó desde La Serena hasta Valparaíso, en Chile y desde Córdoba hasta Santa Fe, Rosario y Buenos Aires, en nuestro país. En la ciudad de Córdoba se sintió con gran intensidad. En la figura 10 se muestran las curvas de distribución de intensidades para este terremoto.

Si bien no se han encontrado, hasta ahora, desplazamientos del terreno que puedan corresponderse con este sismo, es posible que el mismo haya estado asociado a alguno de los segmentos de las fallas geológicas activas que allí se observan, especialmente la falla de la Precordillera Oriental, en su sector sur (falla de La Rinconada).

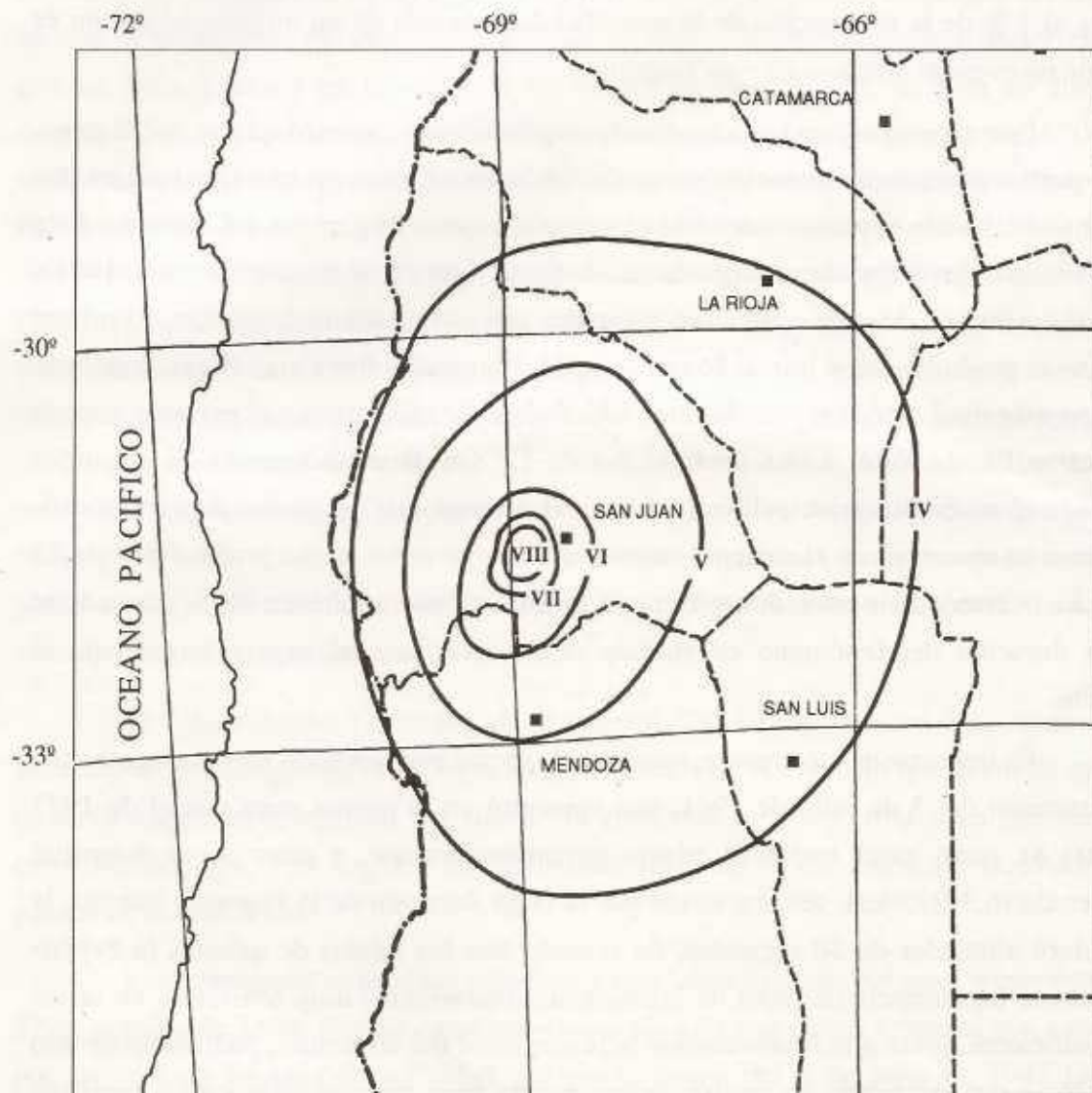


FIGURA 10: Distribución de intensidades para el terremoto del 10 de junio de 1952

5.5 - Terremoto de 23 de noviembre de 1977

En las primeras horas de la mañana del 23 de noviembre de 1977 se produjo un terremoto que afectó seriamente a toda la zona centro-oeste de la Argentina, especialmente a la provincia de San Juan, habiendo sido percibido nítidamente en gran parte de nuestro país, en la región central de Chile y en la zona sur del Brasil, en una superficie total superior a los dos millones de Km². Se caracterizó por su anormalmente larga duración, lo que fue señalado repetidamente por quienes sintieron las vibraciones, tanto a corta distancia del epicentro como a distancias mayores de 1.000 Km. También los registros de acelerogramas obtenidos por el INPRES mostraron esa característica ya que, en la ciudad de San Juan, el terremoto alcanzó aceleraciones superiores al 5 % de la aceleración de la gravedad durante más de un minuto, lo que no es común en eventos sísmicos de esta magnitud.

Este terremoto, una vez analizado detalladamente, mostró que se había generado por un mecanismo conocido como de "evento múltiple", ya que consistió en dos terremotos, siendo el primero de ellos el que actuó como disparador del segundo. Este fue el motivo principal de su larga duración. En la figura 8 se muestra la ubicación de ambos epicentros, los que estuvieron separados por una distancia de 64 Km. El primer evento se produjo a las 6 horas, 26 minutos, 23,4 segundos (hora argentina), registrando una magnitud de 6,6 grados Richter, ubicándose su epicentro en el extremo noreste del cerro Pie de Palo, a una profundidad de 17 Km, desencadenando 21 segundos después el terremoto principal, cuya magnitud alcanzó los 7,4 grados Richter, localizándose su epicentro en el extremo sudeste del mismo cerro, a una profundidad de 25 Km. La ocurrencia de estos dos terremotos en forma casi simultánea fue la causa de la larga duración del fenómeno en su fase destructiva, la cual superó largamente el minuto.

Es importante hacer notar, respecto al mecanismo señalado anteriormente, que el terremoto del 3 de julio de 1941, con epicentro en la misma zona que el de 1977 (figura 8), pudo haber tenido el mismo mecanismo ya que, a pesar de su magnitud moderada (6,3 Richter), se caracterizó por la larga duración de la fase más intensa, la que duró alrededor de 30 segundos, de acuerdo con los relatos de quienes lo experimentaron. La ausencia de redes de instrumental sismológico muy sensible y en cantidad suficiente, junto a la relativamente baja magnitud del terremoto, podrían haber sido las causas por las cuales un posible primer evento pasó desapercibido en los registros

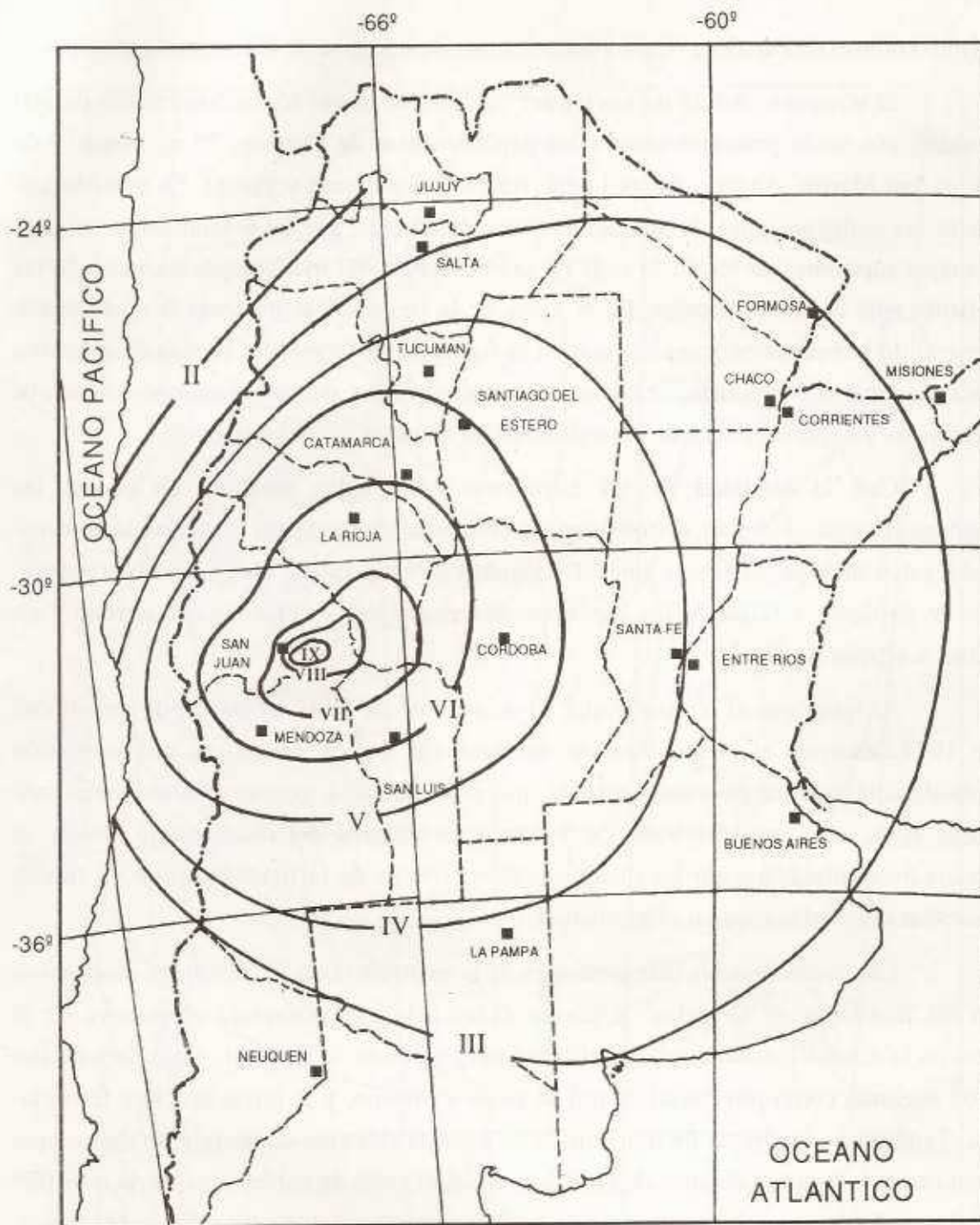


FIGURA 11: Distribución de intensidades para el terremoto del 23 de noviembre de 1977.

lejanos como el de Pasadena (California), observándose solamente el terremoto principal.

El terremoto del 23 de noviembre de 1977 ocasionó 65 muertos y más de 300 heridos, afectando principalmente a los departamentos de Cauce, 25 de Mayo, 9 de Julio, San Martín, Angaco, Santa Lucía, Rawson, Sarmiento y Pocito. En estas localidades las construcciones de adobe resultaron destruidas, parcial o totalmente, en porcentajes superiores al 50 %, lo cual es una evidencia del mal comportamiento de las mismas ante el efecto sísmico. En el mapa de la figura 11 se presenta la distribución general de intensidades, mientras que en la figura 12 se muestra la misma distribución para la zona más afectada, señalándose los porcentajes de construcciones de adobe destruidas y el número total de las existentes en el momento del terremoto.

Casi la totalidad de las estructuras construidas teniendo en cuenta las reglamentaciones vigentes se comportaron en forma adecuada, de acuerdo con lo esperado, salvo unas pocas excepciones. En algunos de estos casos, los daños experimentados se debieron a fallas de los cimientos por efecto de la licuación del terreno y en otros, a errores de diseño.

Al igual que el terremoto del 27 de octubre de 1894, el del 23 de noviembre de 1977 ocasionó el efecto llamado de licuación de los suelos, en una extensión considerable, aunque en menor medida que en el de 1894, concentrándose este fenómeno en la zona este del Valle de Tulum y en el valle del río Bermejo, donde se observaron reiteradamente las manifestaciones típicas de la licuación, que ya fueron descritas detalladamente en el apartado 5.1.

Las consecuencias más evidentes de la ocurrencia de licuación se observaron en los inusualmente elevados y graves daños a la infraestructura productiva de la provincia. Como consecuencia de ello fue muy afectada la red vial, tanto de jurisdicción nacional como provincial, la red de riego y drenaje, y la infraestructura ferroviaria. También en las líneas de transmisión de energía eléctrica se produjeron daños, que iban desde la rotura y colapso de columnas hasta el corte de cables y caída de transformadores. Además, varias redes de distribución de agua potable sufrieron graves daños, muy especialmente en la ciudad de Cauce. Por otra parte, quedaron dañadas algo más de 1.000 perforaciones para riego agrícola, algunas en forma irreparable. Este mismo fenómeno afectó en grandes proporciones a las áreas cultivadas del Valle de Tulum, manifestándose por medio de grietas de gran extensión, de las que surgió abundante agua y barro, muchas veces con altos contenidos de sales perjudiciales para las planta-

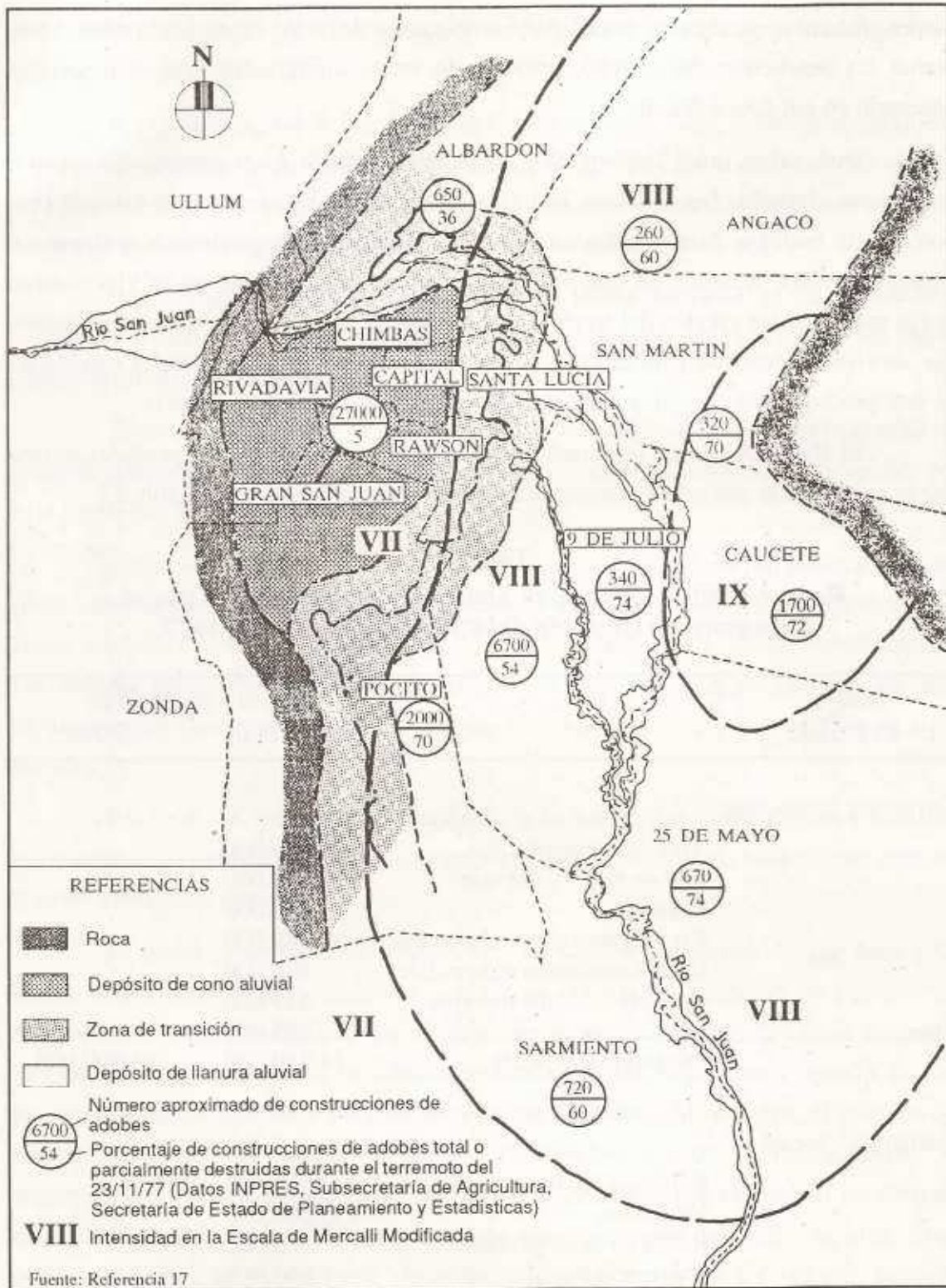


FIGURA 12: Distribución de intensidades en el Valle del Tulum, correspondientes al terremoto del 23/11/1977

ciones. Además, en algunos casos, por combinación de todos estos fenómenos, cambiaron las pendientes del terreno, provocando serias dificultades para el riego, tan necesario en esa época del año.

Otro rubro, muy importante para el desarrollo de la provincia, que resultó seriamente afectado, fue el sector industrial vitivinícola. En efecto, una elevada proporción de bodegas fueron dañadas parcial o totalmente, llegándose al colapso en algunas de ellas. Además, en muchos casos, aunque exteriormente no se visualizaran daños mayores, los efectos del terremoto habían producido la rotura de los recipientes que servían de depósito para el vino, derramándose y perdiéndose grandes cantidades de este producto que constituye la industria más importante de la provincia.

El INPRES realizó un estudio detallado de evaluación de las pérdidas económicas ocasionadas por este terremoto, cuyo resumen se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2
Resumen de las pérdidas económicas producidas por el terremoto de Cauçete del 23 de noviembre de 1977

Rubro Evaluado	Item	Costo en dólares	
		Parcial	Total
Estructura productiva			
	Vías de comunicación	6.040.000	
	Red de riego y drenaje	4.600.000	
	Cultivos	9.600.000	
	Establecimientos industriales	7.840.000	
	Establecimientos comerciales	860.000	
	Establecimientos mineros	235.000	
	Red de energía eléctrica	165.000	
	Producción agrícola	14.750.000	44.090.000
Estructura social			
	Edificios públicos	3.750.000	
	Viviendas	136.000.000	
	Redes de agua potable	800.000	
	Asistencia social	1.540.000	142.090.000
Total general			186.180.000

Es importante hacer notar que esta estimación fue parcial, ya que hubo algunos aspectos no evaluados por falta de información fidedigna, especialmente en lo referido a los efectos del terremoto sobre la producción industrial y sobre el comercio mayorista y minorista, y también sobre la recaudación fiscal, la cual debe haberse reducido considerablemente. Por lo expuesto, es razonable pensar que las pérdidas económicas del terremoto de 1977 superaron holgadamente los 200.000.000 de dólares.

6 - DISTRIBUCION DEL PELIGRO SISMICO EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN

El peligro sísmico se define como la probabilidad de que ocurra un terremoto durante un intervalo de tiempo especificado, que produzca un cierto movimiento máximo del terreno, en un sitio de interés. Se asume que dicha ocurrencia en una fuente sísmica puede ser representada por un proceso del tipo de Poisson.

En general, para el cálculo del peligro sísmico se consideran las contribuciones de terremotos con magnitudes superiores a cinco, teniendo en cuenta la experiencia obtenida en lo concerniente al efecto de los terremotos sobre las estructuras. Generalmente, los eventos sísmicos de menor magnitud no han causado daños estructurales a las construcciones, aunque a veces hayan generado elevadas aceleraciones máximas.

Para la provincia de San Juan, el análisis probabilístico del peligro sísmico se realizó considerando que éste depende, fundamentalmente, de los siguientes factores: a) ubicación y geometría de las fuentes sísmicas potenciales; b) frecuencia de ocurrencia de eventos sísmicos de diferentes magnitudes en cada una de esas fuentes y c) atenuación de la energía con la distancia.

La ubicación y geometría de las fuentes sísmicas potenciales fue analizada detalladamente en el punto 4.

La frecuencia de ocurrencia de terremotos en cada una de las fuentes sísmicas potenciales se determinó, cuando fue posible, a partir de las evidencias geológicas. Caso contrario, se infirió mediante una combinación de los parámetros regionales y de los intervalos de recurrencia de los terremotos potenciales máximos.

Las relaciones de atenuación, que expresan los valores de la amplitud máxima del movimiento del terreno como función de la magnitud y la distancia, fueron obteni-

das a partir de la información disponible. A tal efecto se emplearon relaciones de atenuación para aceleraciones máximas, resultantes de combinar adecuadamente los datos instrumentales con las intensidades sísmicas estimadas para terremotos históricos.

Los resultados del análisis se volcaron en mapas con el objeto de mostrar gráficamente las distribuciones de las amplitudes máximas del terreno en el área estudiada, para diferentes niveles de probabilidad de dichas amplitudes. En la figura 13 se presenta uno de esos mapas, que corresponde a la amplitud máxima de movimiento del terreno con elevada probabilidad de producirse en los próximos 50 años. A efectos de facilitar la interpretación de estos resultados, las amplitudes se expresaron como intensidades máximas en la escala Mercalli Modificada, para lo cual se utilizaron relaciones empíricas conocidas.

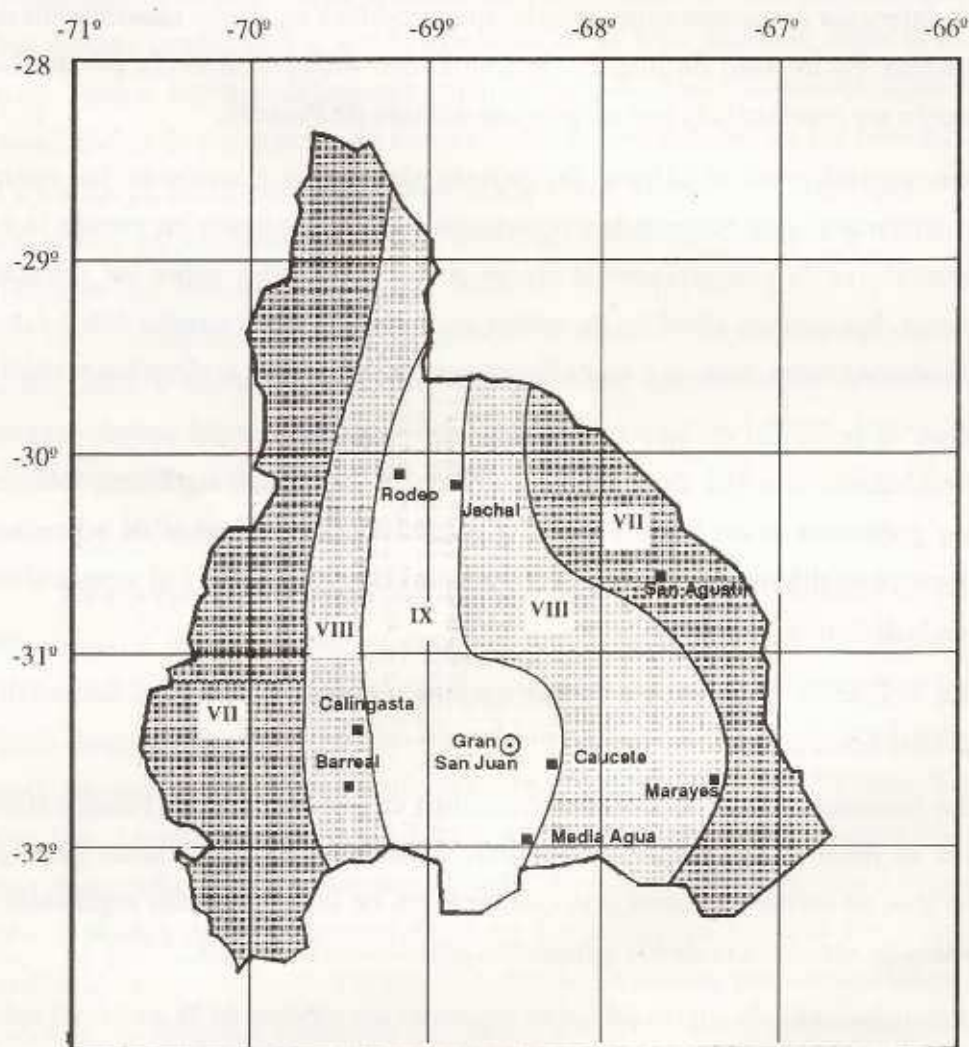


FIGURA 13: Intensidades máximas, en la escala Mercalli Modificada, con muy alta probabilidad de ocurrir en los próximos 50 años.

De la observación de dicho mapa se desprende que, como se dijo anteriormente, las áreas sujetas a los más elevados niveles de peligro sísmico corresponden, en primer lugar, a la zona más densamente poblada del Valle de Tulum y seguidamente a la región donde se construyen o proyectan los más importantes emprendimientos de infraestructura de la Provincia, en relación directa con los sistemas de fallamiento de Precordillera y El Tigre. En ambas zonas las intensidades máximas podrían alcanzar el grado IX de la escala de Mercalli Modificada, lo cual significa que afectarían seriamente a las construcciones sin previsiones sismorresistentes, produciendo el colapso total o parcial de muchas de ellas.

7 - CARACTERISTICAS DE LAS CONSTRUCCIONES EXISTENTES EN EL VALLE DE TULUM

Si bien este punto no abarca la totalidad de la provincia de San Juan, sino que se refiere exclusivamente al denominado Valle de Tulum, es preciso hacer notar que este valle, cuya superficie no supera los 4.000 Km², alberga alrededor del 90 % de la población de la provincia y concentra más del 90 % de la actividad económica total. Por tal motivo, los resultados que aquí se presentan, fruto de un trabajo realizado por el INPRES (Microzonificación Sísmica del Valle de Tulum, edición 1982) durante varios años, son ampliamente representativos de las condiciones sismorresistentes de las construcciones de toda la provincia.

Se analizaron todos los núcleos urbanos con cien o más construcciones, lo que se determinó mediante los resultados del Censo Nacional de Población y Viviendas del año 1980.

Las construcciones se clasificaron en dos grupos: sismorresistentes y no sismorresistentes, de acuerdo con el comportamiento previsto ante la acción sísmica. Para ello se tuvieron en cuenta una serie de características distintivas de cada una de ellas, tales como: materiales de construcción utilizados, tipo estructural, dimensiones, antigüedad, etc. En general, las construcciones caracterizadas como no sismorresistentes son, en su mayoría, de adobe. En la Tabla 3 se presenta un resumen de los resultados obtenidos.

Del análisis de esta tabla surge que la zona bajo estudio contaba, a la fecha en que se efectuó el relevamiento (1982), con 83.683 construcciones. De ellas, 49.010 fueron catalogadas como sismorresistentes, lo que representa el 58,6 % del total, mien-

TABLA 3

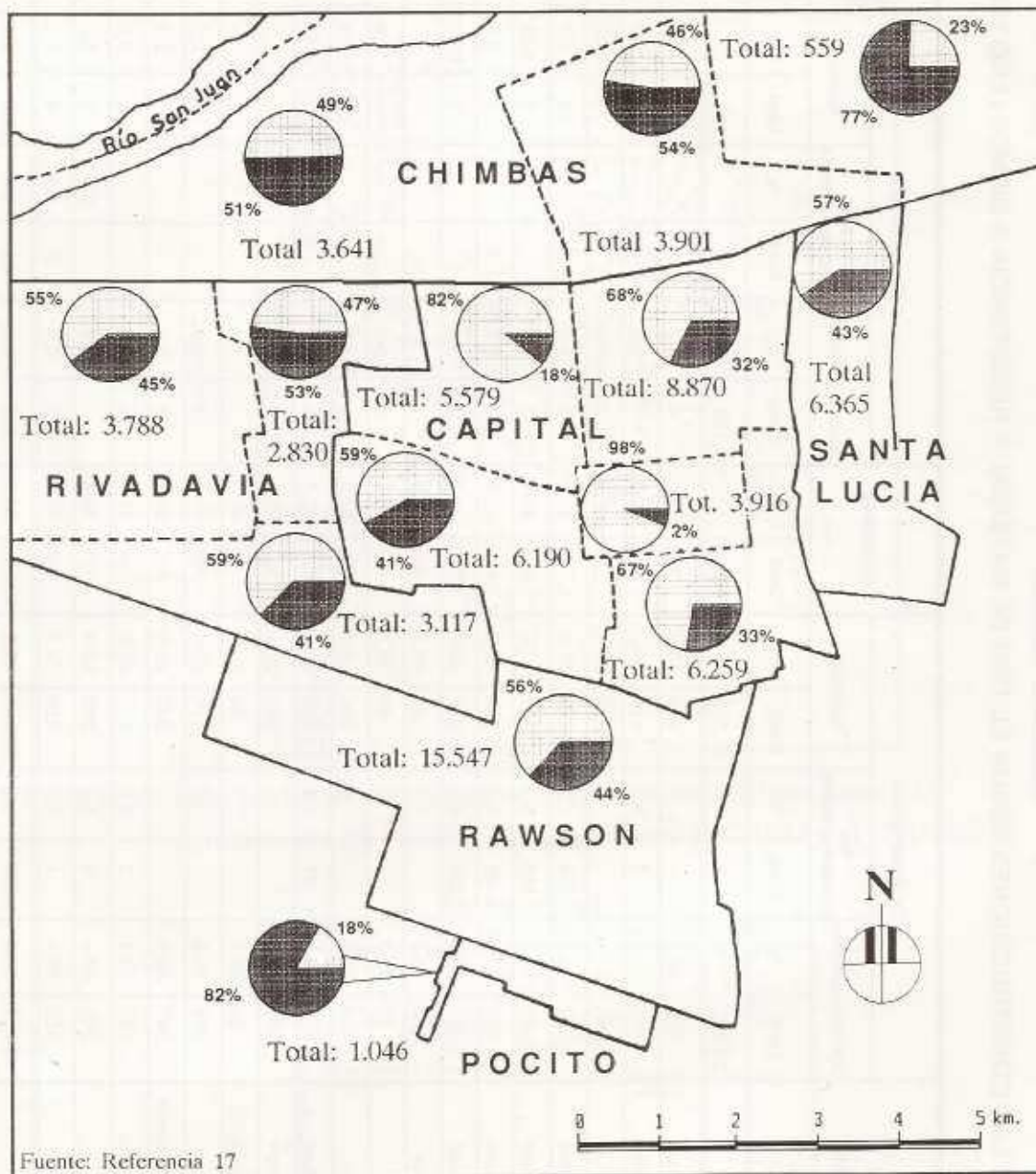
CLASIFICACION DE LAS CONSTRUCCIONES SEGUN EL TIPO DE MATERIAL Y RESISTENCIA A SISMOS (AÑO 1982)

DEPARTAMENTO	LOCALIDAD	De Mampostería						De Adobes		De otros Tipos						TOTAL GENERAL
		Sismorresistente			No Sismorresistente			Cant.	%	Sismorresistente		No Sismorresistente		Subtotal		
		Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%			Cant.	%					
		Sismorresistente		No Sismorresistente		Subtotal		Sismorresistente		No Sismorresistente		Subtotal				
01 Albardón	Va. San Martín	242	59,3	2	0,5	244	59,8	164	40,2	-	-	-	-	-	-	408
	Calle La Laja	189	34,5	2	0,4	191	34,9	345	63,1	11	2	-	11	2	547	
	Las Lomitas	14	9	2	1,3	16	10,3	138	88,4	-	-	2	2	1,3	156	
02 Angaco	Va. Sefair-Talacasto	42	22,8	-	-	42	22,8	142	77,2	-	-	-	-	-	184	
	Va. El Salvador	293	71,5	1	0,2	294	71,7	116	28,3	-	-	-	-	-	410	
04 Capital	Gran San Juan 1	3.835	97,9	-	-	3.835	97,9	81	2,1	-	-	-	-	-	3.916	
	Gran San Juan 2	4.596	82,4	47	0,8	4.643	83,2	931	16,7	5	0,1	-	5	0,1	5.579	
	Gran San Juan 3	5.929	66,8	101	1,1	6.030	67,9	2.837	32,0	3	0,03	-	3	0,03	8.870	
	Gran San Juan 4	4.188	66,9	26	0,4	4.214	67,3	2.036	32,5	7	0,1	2	2	0,03	6.259	
	Gran San Juan 5	3.560	57,5	170	2,8	3.730	60,3	2.322	37,5	94	1,5	44	138	2,20	6.190	
05 Cauce	Ciudad de Cauce	2.187	59,1	-	-	2.187	59,1	1.507	40,7	7	0,2	-	7	0,2	3.701	
	Va. Independencia	26	14,1	-	-	26	14,1	157	85,3	1	0,6	-	1	0,6	184	
06 Chimbas	Gran San Juan 1	1.764	48,5	146	4	1.910	52,5	1.707	46,9	24	0,6	-	24	0,6	3.641	
	Gran San Juan 2	1.734	44,4	65	1,7	1.799	46,1	2.101	53,8	1	0,02	-	1	0,02	3.901	
	Gran San Juan 3	124	22,2	6	1,1	130	23,3	428	76,5	1	0,2	-	1	0,2	559	
09 9 de Julio	Las Chauritas	48	17,5	-	-	48	17,5	226	82,5	-	-	-	-	-	274	
	Va. 9 de Julio	258	69,7	-	-	258	69,7	112	30,3	-	-	-	-	-	370	
10 Pocito	Gran San Juan	191	18,2	-	-	191	18,2	854	81,7	1	0,1	-	1	0,1	1.046	
Transporte		29.220		568		29.788		16.204		155		48	203		46.195	

TABLA 3 (cont.)

CLASIFICACION DE LAS CONSTRUCCIONES SEGUN EL TIPO DE MATERIAL Y RESISTENCIA A SISMOS (AÑO 1982)

DEPARTAMENTO	LOCALIDAD	De Mampostería						De Adobes		De otros Tipos						TOTAL GENERAL
		Sismorresistente		No Sismorresistente		Subtotal		Cant.	%	Sismorresistente		No Sismorresistente		Subtotal		
		Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%			Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	
Transporte		29.220		568		29.788		16.204		155		48		203		46.195
10 Pocito	Va. Aberastain	576	40,2	-	-	576	40,2	852	59,4	6	0,4	-	-	6	0,4	1.434
(cont.)	La Rinconada	115	39	2	0,7	117	39,7	177	60,0	1	0,3	-	-	1	0,3	295
	Carpintería	82	37,1	-	-	82	37,1	137	62,0	2	0,90	-	-	2	0,90	221
11 Rawson	Gran San Juan	8.530	54,9	268	1,7	8.798	56,6	6.725	43,3	22	0,1	2	0,01	24	0,1	15.547
12 Rivadavia	Gran San Juan	2.063	54,5	118	3,1	2.181	57,6	1.605	42,4	2	0,05	-	-	2	0,05	3.788
	Gran San Juan	1.290	45,6	48	1,7	1.338	47,3	1.490	52,6	2	0,1	-	-	2	0,1	2.830
	Gran San Juan	1.727	55,4	260	8,3	1.987	63,7	1.129	36,2	1	0,03	-	-	1	0,03	3.117
13 San Martín	Dos Acequias	42	29,2	-	-	42	29,2	102	70,8	-	-	-	-	-	-	144
	San Isidro	29	20,7	-	-	29	20,7	107	76,4	4	2,9	-	-	4	2,9	140
	Don Bosco	190	60,7	-	-	190	60,7	109	34,8	14	4,5	-	-	14	4,5	313
14 Santa Lucía	Gran San Juan	3.578	56,2	91	1,4	3.669	57,6	2.689	42,3	7	0,10	-	-	7	0,10	6.365
	Alto de Sierra	181	24,9	-	-	181	24,9	547	75,1	-	-	-	-	-	-	728
15 Sarmiento	Cienaguita	56	50,9	-	-	56	50,9	54	49,1	-	-	-	-	-	-	110
	Los Berros	171	35,9	-	-	171	35,9	295	61,8	11	2,3	-	-	11	2,3	477
	Va. Gral. Sarmiento	347	48,5	-	-	347	48,5	367	51,3	1	0,1	-	-	1	0,1	715
18 25 de Mayo	Va. Santa Rosa	193	49,4	2	0,5	195	49,9	194	49,6	2	0,5	-	-	2	0,5	391
	Va. Borjas	262	59,4	6	1,4	268	60,8	171	38,8	1	0,2	1	0,2	2	0,4	441
	La Chimbera	125	29,0	1	0,2	126	29,2	301	69,7	2	0,4	3	0,7	5	1,1	432
TOTALES		48.777	58,3	1.364	1,6	50.141	59,9	33.255	39,7	233	0,3	54	0,1	289	0,4	83.683



Construcciones Sismorresistente
 Construcciones No sismorresistente

FIGURA 14: Caracterización de las construcciones en el Gran San Juan

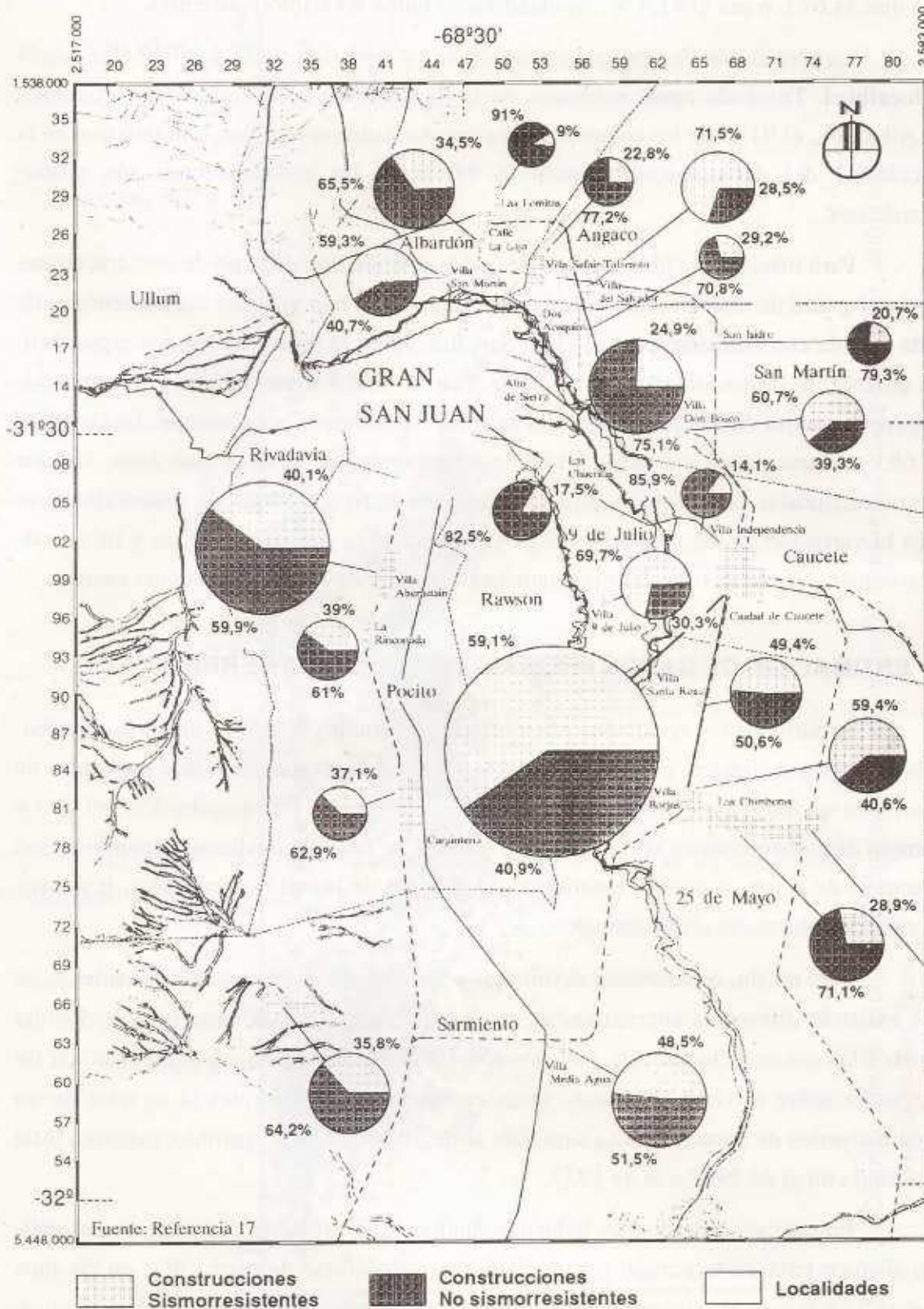


FIGURA 15: Caracterización de las construcciones en el Valle del Tulum

tras que 34.673, o sea el 41,4 % , se clasificaron como no sismorresistentes.

La proporción de construcciones de uno y otro tipo varía ampliamente según la localidad. Tomando casos extremos, en la localidad de Las Lomitas, departamento de Albardón, el 91 % de las construcciones son no sismorresistentes, en tanto que en la fracción 1 del departamento Capital el 98 % de las construcciones son sismorresistentes.

Para ofrecer una idea más gráfica de la distribución del tipo de construcciones según el grado de sismorresistencia, en la figura 14 se han volcado los porcentajes de cada tipo de construcción, para el Gran San Juan, y en la figura 15 los correspondientes al resto de las localidades del Valle de Tulum. Todos estos valores fueron obtenidos en el estudio de Microzonificación Sísmica mencionado previamente. Del total de 83.683 construcciones censadas, 71.049 correspondieron al Gran San Juan, las que fueron analizadas por fracción departamental. En la figura 14 puede observarse también la variación en las proporciones de construcciones sismorresistentes y no sismorresistentes cuando se trata del departamento Capital o de los departamentos vecinos.

8 - ESTIMACION DE DAÑOS PROBABLES DEBIDOS A TERREMOTOS

A partir de los resultados obtenidos en los puntos 6 y 7, es decir: la distribución del peligro sísmico, expresado como las intensidades máximas más probables de ocurrir en un intervalo de tiempo previamente establecido, y la distribución del tipo y número de construcciones en la zona bajo estudio, es posible, mediante la combinación adecuada de ambos aspectos, estimar la distribución de los daños probables de ocurrir en caso de producirse un terremoto.

Para tal fin, es necesario definir, en primer lugar, el terremoto a considerar, ya que existirán diferentes alternativas de sismos que, lógicamente, afectarán de distinta forma a las construcciones. Así, por ejemplo, las consecuencias que podría producir un terremoto sobre el Gran San Juan, serán completamente diferentes si se trata de un evento sísmico de características similares al de 1944 que si, en cambio, presenta total similitud con el de 1952 o el de 1977.

En este caso particular, habiendo analizado la probable distribución del peligro sísmico para un terremoto con el 10 % de probabilidad de excedencia en 50 años (figura 13), lo que es equivalente a un intervalo promedio de recurrencia de 500 años,

se evaluarán los daños probables de producirse por la ocurrencia de un terremoto de estas características, que corresponderían, aproximadamente, a las de terremoto del 15 de enero de 1944.

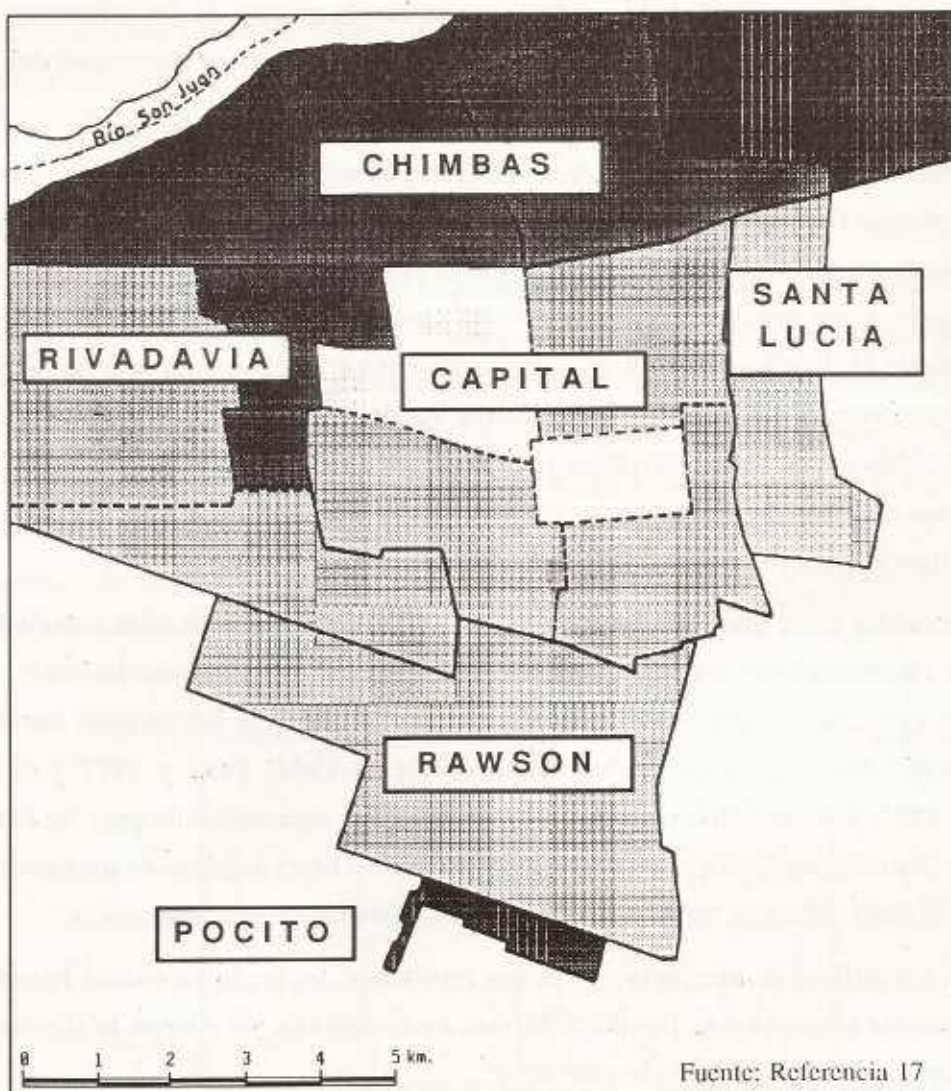
La estimación de daños probables puede realizarse con un doble propósito: el primero puramente financiero, orientado a cuantificar las probables pérdidas monetarias y ser usado en la implementación de seguros contra terremotos; el segundo, en cambio, dirigido a ser usado en la planificación para la emergencia, para lo cual es necesario estimar la distribución y el número de probables colapsos durante un sismo, lo que indirectamente nos suministrará la información del probable número de víctimas y de damnificados por el terremoto. Esta última alternativa es la que ha priorizado el INPRES en sus estudios, teniendo en cuenta que los datos así obtenidos son de fundamental importancia para los planes que debe preparar Defensa Civil.

La relación entre intensidades máximas y nivel de daños, para cada uno de los dos tipos de construcciones existentes (sismorresistentes y no sismorresistentes), se obtuvo de las evaluaciones realizadas sobre el comportamiento de las mismas durante terremotos anteriores, especialmente los de San Juan de 1944, 1952 y 1977 y el de Mendoza de 1985. Esto permitió obtener un índice de daño, especialmente para las construcciones no sismorresistentes, que relaciona directamente el nivel máximo de movimiento del suelo con el daño esperado, medido en colapso parcial o total de la construcción.

Para simplificar la interpretación de los resultados, teniendo en cuenta lo señalado anteriormente respecto a la finalidad de esta investigación, se adoptó la siguiente clasificación para caracterizar el daño potencial:

- a) Daños Bajos (DB): 0 al 5 % de las construcciones sufrirán colapso parcial o total.
- b) Daños Moderados (DM): 5 al 25 % de las construcciones sufrirán colapso parcial o total.
- c) Daños Importantes (DI): 25 al 50 % de las construcciones sufrirán colapso parcial o total.
- d) Daños Altos (DA): 50 al 75 % de las construcciones sufrirán colapso parcial o total.
- e) Daños Muy Altos (DMA): 75 al 100 % de las construcciones sufrirán colapso parcial o total.

Los resultados obtenidos se presentan en la figura 16 para el Gran San Juan, distribuidos por fracción departamental, y en la figura 17 para el resto de las localidades del Valle del Tulum.



REFERENCIAS






-  Daños bajos: menos del 5% de colapsos parciales o totales
-  Daños moderados: 5 al 25% de colapsos parciales o totales
-  Daños importantes: 25 al 50% de colapsos parciales o totales
-  Daños altos: 50 al 75% de colapsos parciales o totales
-  Daños muy altos: 75 al 100% de colapsos parciales o totales

FIGURA 16: Estimación de daños probables en las construcciones del Gran San Juan, para un terremoto destructivo.

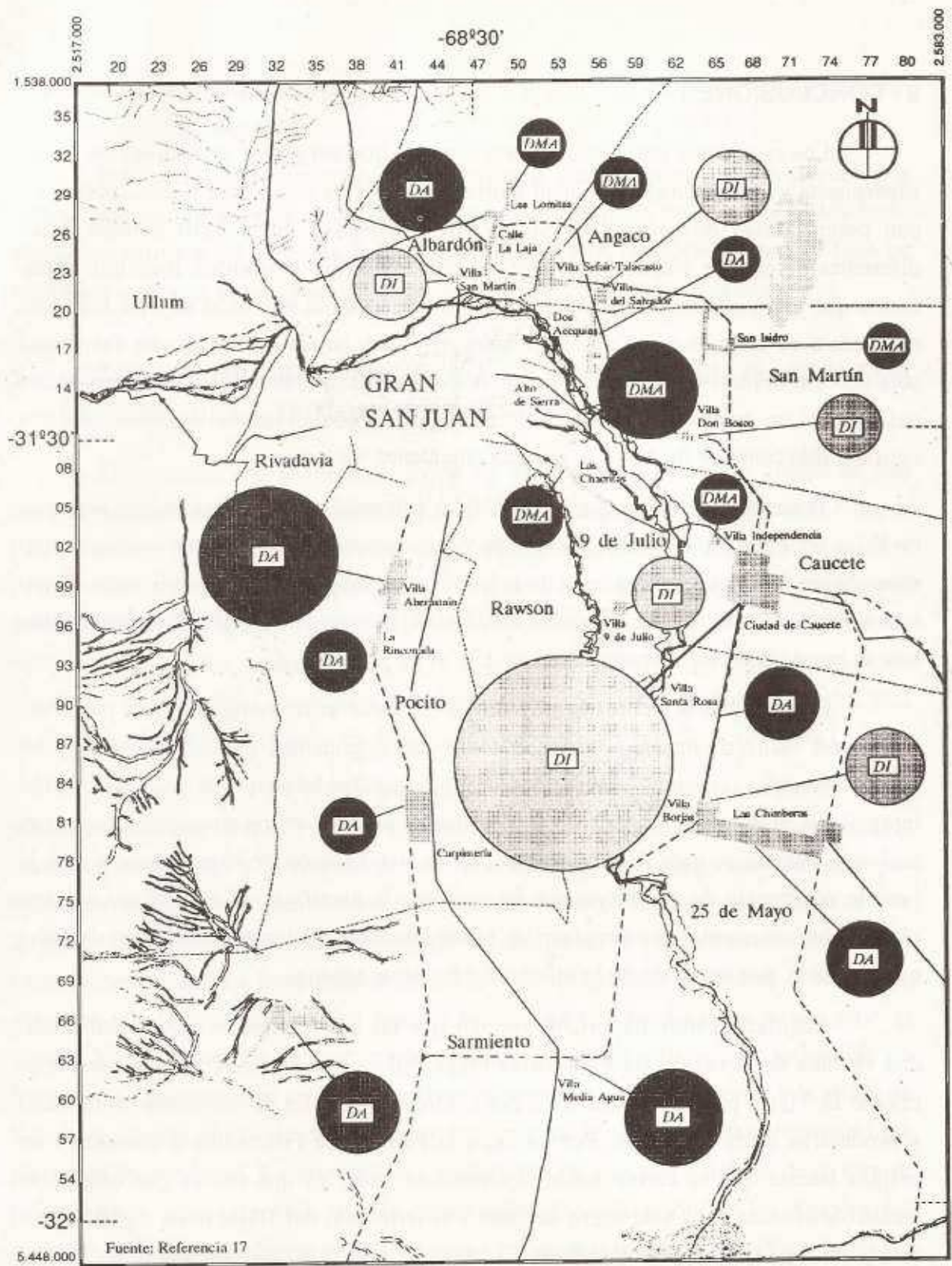


FIGURA 17: Estimación de daños probables en las construcciones del Valle del Tulum, para un terremoto destructivo.

9 - CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio, que surgen de considerar en forma superpuesta y combinada la actividad sísmica histórica, la sismicidad típica, las fuentes con potencialidad de generar terremotos, la distribución del peligro sísmico y los diferentes niveles de vulnerabilidad de las construcciones existentes, muestran claramente que una parte muy importante de la población de la provincia de San Juan está expuesta a un elevado nivel de riesgo sísmico y que, lamentablemente, no existe una sola porción del territorio de esta provincia que esté exenta de sufrir las consecuencias nefastas de un terremoto destructivo, con la alta probabilidad de experimentar una considerable cantidad de daños y, consecuentemente, víctimas.

Teniendo en cuenta que las viviendas precarias están habitadas por personas de bajos recursos económicos y culturales y que, generalmente, cuentan con un numeroso núcleo familiar, si adoptamos un promedio de cinco personas por vivienda, llegamos a la aterradora cifra de alrededor de 170.000 personas en estado de desprotección ante la amenaza de un terremoto.

Esta alarmante realidad, muy difícil de solucionar, aunque sea en parte, requiere del esfuerzo mancomunado de todos los organismos gubernamentales y no gubernamentales, provinciales y nacionales, que puedan aportar algo para la solución integral del problema. Por ser más fácil y menos costoso, es recomendable centrar el accionar, cuando se trata del corto plazo, en la planificación de la emergencia ante la posible ocurrencia de un terremoto. En cambio, la planificación a mediano y largo plazo debe contemplar el reemplazo de todas las construcciones no sismorresistentes que se pueda, por lo menos en lo referente a las áreas urbanas.

Además, es muy importante resaltar que las dos fuentes de mayor potencialidad sísmica de la región (la Falla de la Precordillera Oriental y el Sistema de Fallamiento El Tigre) podrían afectar a los dos centros principales de asentamiento humano y productivo de la Provincia. Por un lado, la Falla de la Precordillera constituye un peligro latente que se cierne sobre el Gran San Juan, ya que fue la que originó la catástrofe sísmica del 15 de enero de 1944 y el terremoto del 10 de junio de 1952. Por otra parte, el Sistema de Fallamiento El Tigre, relacionado, sin ninguna duda, con el terremoto del 27 de Octubre de 1894, se desarrolla a muy corta distancia de los aprovechamientos hidroeléctricos proyectados sobre el río San Juan (Tambolar, Caracoles y Punta Negra) y prácticamente atraviesa el que está en construcción sobre el río Jachal

(Cuesta del Viento).

Esta cruda realidad, fruto de un análisis técnico-científico, no tiene como finalidad crear un estado de pánico en los habitantes de esta provincia, sino que tiene como objetivo concientizar a todos ellos de la necesidad de trabajar en forma mancomunada en la prevención sísmica y no olvidar que el desarrollo tecnológico ha provisto los medios necesarios para enfrentar con éxito las consecuencias de estos fenómenos naturales.

10 - RECOMENDACIONES

Existen dos aspectos completamente diferentes que se deben considerar en la prevención sísmica: a) cómo reglamentar y controlar todo lo concerniente a las nuevas construcciones y b) qué hacer con las construcciones existentes que son altamente vulnerables a los terremotos.

El primero de estos problemas y quizás el más fácil de atacar cuando existe la decisión política de hacerlo, está referido al dictado de reglamentos para construcciones sismorresistentes. En este aspecto la provincia de San Juan, como se ha manifestado en el punto 1 de este trabajo, ha sido un ejemplo no solamente para el país sino para el mundo entero, ya que, a partir de la creación del Consejo de Reconstrucción de San Juan, los reglamentos se aplicaron estrictamente y con resultados muy buenos, como quedó probado después de los terremotos de 1952 y de 1977. Con la creación del INPRES en el año 1972, que si bien tiene su sede en San Juan es un organismo nacional, se mejoró aún más el nivel de desarrollo de la ingeniería sísmica en esta provincia. Además, los sucesivos reglamentos dictados por el INPRES para las obras públicas nacionales, fueron adoptados inmediatamente por la provincia de San Juan, demostrando su ineludible disposición para aplicar en este territorio las metodologías constructivas más avanzadas y desarrolladas a nivel mundial.

Lo que muchas veces, durante diferentes períodos y gobiernos, no funcionó de acuerdo con lo previsto, fue el control del cumplimiento de lo establecido en los reglamentos. Más aún, han habido voces que se han levantado pidiendo que se supriman los controles, dejando todo en manos de la responsabilidad profesional y empresarial, criterio que el INPRES no comparte en absoluto. Los resultados del sistema impuesto después del terremoto de 1944 están a la vista y fueron resaltados recientemente en la Décima Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica que tuvo lugar en el

mes de julio en España, donde en la conferencia inaugural se mencionó a San Juan como ejemplo de lo que se debe hacer para reconstruir una ciudad después de un terremoto, mientras que se nombró a otras ciudades del mundo como ejemplo de lo que no se debe hacer, ya que posteriores terremotos las destruyeron nuevamente.

Por lo expuesto instamos a nuestros gobernantes a mantener firme el criterio de dictar los reglamentos y ejercer el control de su cumplimiento. La cantidad de vidas y bienes que están expuestos a los terremotos hace que sea una responsabilidad indelegable del Estado realizar ambas tareas. La Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano del Gobierno de la Provincia, que cumple con ese rol tan importante, debe ser continuamente apoyada y defendida en su accionar por toda la comunidad sanjuanina.

El segundo aspecto a tener en cuenta está referido a la existencia en San Juan de un elevado número de construcciones con un alto grado de vulnerabilidad ante los terremotos. Desgraciadamente no hay país en el mundo, por más desarrollado que sea, con capacidad financiera y política como para reemplazar todas las construcciones precarias. Por tal motivo, la más rápida solución a este problema, que aunque es una solución parcial ha dado buenos resultados, consiste en realizar una detallada planificación de la emergencia sísmica en los períodos de tranquilidad, con el propósito de estar alertas y con una preparación adecuada para enfrentar rápidamente las consecuencias de este fenómeno natural.

Cada provincia y cada municipio debe contar con un Plan General de Emergencia Sísmica, tan bien estructurado y ensayado que pueda ponerse en acción inmediatamente después de ocurrido un terremoto. Dicho plan deberá contemplar diferentes alternativas, teniendo en cuenta el tipo de terremoto que se pueda producir y las consecuencias que el mismo acarrearía para una región en general y para cada municipio en particular. Los estudios de riesgo sísmico que el INPRES realiza constituyen la base de un programa de esta naturaleza, siendo la provincia de San Juan una de las primeras en aprovecharlos para beneficio de la comunidad.

Otra parte muy importante de la prevención sísmica que debe fortalecerse es la referida a la difusión y enseñanza de los diferentes aspectos que hacen a la misma. En este sentido la provincia de San Juan es un ejemplo de lo que se debe hacer, ya que, a través de un convenio de su Ministerio de Educación con el INPRES, una comisión integrada por ambos organismos ha preparado un manual de prevención y también las bases curriculares para la enseñanza de la prevención sísmica en las escuelas primarias

y secundarias, lo que, en principio, se comenzaría a implementar durante el curso lectivo de 1993.

En resumen, el empleo racional de los reglamentos para construcciones sismo-resistentes con el correspondiente control de su aplicación; la planificación del uso del suelo, de la emergencia sísmica y de la reconstrucción y, finalmente, la enseñanza del problema sísmico para concientizar aún más a la comunidad sobre el riesgo a que estamos expuestos, son los pilares sobre los que se fundamenta un programa integral de prevención sísmica. La provincia de San Juan ha sido un ejemplo digno de resaltar a través del tiempo. Sin embargo, el riesgo sísmico a que está expuesta es tan elevado que no debemos descuidar un instante el fortalecimiento de todos estos aspectos.

11 - BIBLIOGRAFIA

- 1 - Araujo, Mario; Pérez, Angel M. y Millán, Marcelo H. : "Sismicidad detectada en la zona de emplazamiento de la presa Cuesta del Viento, Jachal (San Juan)". Presentado a la XVII Reunión Científica de la AAGG, Buenos Aires, octubre de 1992.
- 2 - Archivo Histórico de la Provincia de San Juan
- 3 - Bastías, Hugo: "Análisis de desplazamientos y velocidades en el área diferencial de Precordillera, provincia de San Juan". Rev. Asoc. Geol. Argentina, XLII(3-4), 1987.
- 4 - Bodenbender, Guillermo: "El terremoto argentino del 27 de octubre de 1894". Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, Tomo XIV, 1895.
- 5 - Castano, Juan C.; Zamarbide, José L. y Giuliano, Alejandro P.: "Evaluación de los efectos económicos del terremoto de Caucete, Argentina, del 23 de noviembre de 1977". Publicación CERESIS, Vol. 13 B. Perú, 1985.
- 6 - Castano, Juan C. y Forradellas, Raymundo: "Pautas para implementar un plan de acción ante la emergencia de un terremoto en el Gran San Juan". Publicación CERESIS, Vol. 14. Perú, 1985.
- 7 - Castano, Juan C.: "El sismo como factor condicionante en la planificación municipal". Revista Geofísica del IPGH, N°33, pags. 21 a 30, México DF, diciembre de 1990.
- 8 - Castano, Juan C.: "Results of seismic microzonations performed in the main two urban centers of the argentinian seismic region". Presentado al International Symposium on Earthquake Disaster Prevention, realizado en México D.F. entre el 18 y 21 de mayo de 1992.
- 9 - Castano, Juan C. y Zamarbide, José L.: "Fuentes sismogénicas, sismicidad histórica y peligro sísmico en la zona centro-oeste Argentina". Revista Geofísica del IPGH, México D.F., en prensa.

- 10 - Castano, Juan C.: "Influencia de las fuentes sísmicas potenciales en el diseño sismorresistente". Publicación Técnica N° 17, pags. 1 a 18, INPRES, octubre de 1992.
- 11 - Castano, Juan C. y Fernández, Esteban: "Incorporación de los factores derivados del riesgo sísmico en la planificación: experiencia recogida en la República Argentina". Revista Geofísica del IPGH, N° 33, pags. 31 a 42, México D.F., diciembre de 1990.
- 12 - Castano, Juan C. y Mingorance, Francisco: "Estimación del peligro sísmico en el sitio de emplazamiento de la presa Cuesta del Viento, para su aplicación al diseño sismorresistente". Revista Geofísica del IPGH, México D.F., en prensa.
- 13 - Castano, Juan C. y Zamarbide, José L.: "La idiosincrasia argentina en materia de prevención sísmica". Presentado al I Congreso Sobre Comportamiento Humano en Zonas Sísmicas, realizado en San Juan del 22 al 26 de setiembre de 1990.
- 14 - Castano, Juan C. y Zamarbide, José L.: "Mapas de peligro y riesgo sísmico de la Argentina". Presentado en el Workshop sobre aplicación de mapas probabilísticos de movimientos fuertes para la reducción del riesgo sísmico en Chile. Santiago, Chile, octubre de 1991.
- 15 - Diarios: El Argentino (Buenos Aires), La Mañana (La Plata), La Libertad (San Juan), La Unión (San Juan), Los Andes (Mendoza), Diario de Cuyo (San Juan), La Prensa (Buenos Aires), La Nación (Buenos Aires) y Tribuna (San Juan), de las épocas en que se produjeron los terremotos descritos en este estudio.
- 16 - Harrington, Horacio J.: "Volcanes y terremotos". Editorial Pleamar, Buenos Aires, 1944.
- 17 - INPRES: "Microzonificación sísmica del Valle de Tulum, provincia de San Juan". Informe Técnico General, Vol I, II y III. San Juan, diciembre de 1982.
- 18 - INPRES: "El Terremoto de San Juan del 23 de noviembre de 1977". Informe preliminar, pags. 1 a 102. San Juan, diciembre de 1977.
- 19 - Langer, C.J. and Bollinger, G.A.: "Aftershocks of the western Argentina (Cauce-te) earthquake of 23 November 1977: some tectonic implications". Tectonophysics, 148, 1988.
- 20 - Reglamento INPRES-CIRSOC 103: "Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes". INPRES, 1983.
- 21 - Siri, Juan M.: "Los terremotos en la región de Cuyo".
- 22 - Volponi, Fernando: "Aspectos sismológicos del territorio argentino". Actas de las Primeras Jornadas Argentinas de Ingeniería Antisísmica. San Juan, 1962.
- 23 - Zamarbide, José L. y Castano, Juan C.: "Analysis of the 01-26-1985 Mendoza earthquake effects and of their possible correlation with the recorded accelerograms and soil conditions". Presentado al Workshop sobre New Horizons in Strong Motion: Seismic Studies and Engineering Practice. Santiago, Chile, junio 1991.

