

Sismicidad histórica entre los 32° 30' - 36° lat. sur y los 68° - 69° 30' long. oeste, provincia de Mendoza, Argentina

Historical seismicity between the 32° 30' - 36° south lat. and the 68° - 69° 30' west long. Mendoza Province, Argentine

Graciela E. Tello*

Recibido: xxxxxxxx, 2000 / Aceptado: xxxxxxxx, 2001

Resumen

A los fines de conocer las áreas sísmicas actuales del área comprendida entre los paralelos de 32° 30' y 36° de lat. sur y los meridianos de 68° y 69° 30' de long. oeste, se efectuó el estudio de la ocurrencia de sismos o terremotos históricos de la región. Esto ha permitido extender hacia el pasado el conocimiento de la sismicidad, lo que hace posible una mejor y más acertada estimación del peligro sísmico al que está expuesta el área.

Se localizaron en un mapa los sismos de magnitud superior a 4. La superposición de este mapa con el mapa de fallas cuaternarias permitió comprobar que existe una cierta relación entre fallas y sismos.

Debido a que en Argentina, el registro instrumental se utiliza desde hace relativamente poco tiempo, resulta muy necesario el estudio del registro geológico para estimar la sismicidad y el peligro sísmico asociado. Además se intentó establecer una relación entre dichos eventos y las superficies de rotura modernas encontradas en el área del arroyo Chupasangral, Estancia Tierras Blancas y Borde Oriental del Bloque de San Rafael.

Palabras clave: sismicidad histórica; fallas activas; peligro sísmico.

Abstract

In Argentina, an area bounded by latitudes 32° 30' and 36° south and longitudes 68° and 69° 30' west was studied to determine the present seismic activity (earthquake hazards). The study was carried out by analysing the occurrence of present and historic earthquakes. The knowledge of the past seismic activity has given us better insights of the phenomena and consequently a good estimation of the seismic hazards and the areas affected. A map of epicentres of magnitude greater than 4 was prepared. Then, a combination of this map with the map of quaternary faults has shown a relationship between these two factors. This study is necessary, specially in those areas where long term instrumental records are missing.

Key words: historical seismicity; active fault; seismic hazard.

* Gabinete de Neotectónica y Geomorfología. Instituto de Geología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan. San Juan—Argentina. E-mail: gtello@unsj.edu.ar

Introducción

La zona de estudio comprende la Provincia de Mendoza, Argentina. En el área coexisten las provincias geológicas de la Cordillera Frontal, Cordillera Principal, Precordillera, cerrilladas pedemontanas y Bloque de San Rafael, separadas por depresiones y/o valles intermontanos.

En esta región se han analizado los datos históricos relacionados con movimientos sísmicos pasados, para poder determinar la historia e intensidad de terremotos para el periodo anterior al uso de instrumental y tratar de definir si hubo una superficie de rotura durante el sismo.

Sismicidad histórica del área mendocina

El registro de sismos históricos comienza a principios del siglo XVII, pocas décadas después de que llegaron los primeros colonizadores españoles. Debido a que la densidad poblacional en esa época era muy baja y los medios de comunicación

prácticamente no existían, sólo se registraron aquellos eventos muy catastróficos. Es muy probable que muchos de los sismos cuyos epicentros se ubicaron en Chile, basados en datos de los historiadores, podrían haber ocurrido en territorio argentino.

Mediante una intensa revisión de los sismos históricos de la provincia de Mendoza, de la consulta en diarios, informes y referencias de la época, surge como evidencia que los de mayor importancia en los últimos 200 años (desde 1782 hasta la fecha) fueron los que se detallan en los cuadros 1 y 2.

Al ubicar en un mapa los epicentros de los sismos más importantes producidos en épocas históricas, se observa una mayor densidad de los mismos en el norte del territorio provincial (Figura 1).

Es decir que, a partir del río Mendoza, se pueden considerar dos zonas sísmicas, una situada al norte y otra al sur de éste.

En la zona sísmica septentrional (región sismotectónica de Precordillera) el registro y ocurrencia de sismo es mayor se destaca entre otros el del 22 de Mayo

Cuadro 1. Listado de sismos destructivos que afectaron la provincia de Mendoza

Fecha	Nombre	Hora	Lat.	Long.	Prof. km	Mag.	Imáx
22-05-1782	Santa Rita	16 hs 00'	32,7	69,2	30	6,5-7 Ms	VII-VIII
20-03-1861	Cerro La Cal	20 hs 36'	32,9	68,9	30	7,2 Ms	IX-X
12-08-1903	Las Heras	23 hs 00'	32,1	69,1	70	6,3 Ms	VII-VIII
26-07-1917	Panquehua	22 hs 38'	32,3	68,9	50	6,5 Ms	VII
17-12-1920	Costa de Araujo	15 hs 04'	32,7	68,4	40	6,3,-6,8 Ms	VIII
14-04-1927	Uspallata-Las Heras	2 hs 35'	32,4	69,3	60-110	7,4 Ms	VIII
30-05-1929	Las Malvinas-Villa Atuel	5 hs 45'	34,9	68,0	40	6,5	VII
25-04-1967	Paramillos	6 hs 36'	32,7	69,1	45	5,4 Mb	VI
26-01-1985	Barrancas. Lulunta	3 hs 07'	33,1	68,5	12	5,7 ML	VIII

Cuadro 2. Algunos datos de los sismos más importantes que afectaron Mendoza

Fecha	Nombre	Localidad	Daños materiales	Víctimas
22-05-1782	Santa Rita	Capital	La iglesia de San Agustín se agrietó en varias partes y el farol de la torre del campamento quedó inclinado.	Numerosas
20-03-1861	Cerro La Cal	Sector urbano de Mendoza (Panquehua, Godoy Cruz, Guaymallén, Luján y Maipú)	Destrucción de la ciudad de Mendoza. Agrietamiento del suelo, hundimiento del terreno y formación de vertientes. El templo de San Vicente (Godoy Cruz) fue totalmente destruido.	4.247 muertos y 747 heridos
12-08-1903	Las Heras	Las Heras	La torre derecha de la iglesia de San Francisco, fue dividida en dos partes y una de ellas cayó sobre las galerías del templo hundiéndolas. Muchas casas destruidas. El edificio del correo quedó inhabitable.	Más de 10 muertos y numerosos heridos
26-07-1917	Panquehua	Panquehua Las Heras	La iglesia de San Nicolás se agrietó. El segundo piso del Banco Francés quedó muy destruido. El segundo piso del Hotel Italia se cayó. La iglesia de Las Heras sufrió considerables perjuicios.	2
17-12-1920	Costa de Araujo	Norte Dpto. San Martín (Tres Portañas, La Central y Araujo). Dpto. Lavalle.	No quedó una sola casa en pie. Destrucción parcial de casas. Destrucción de la iglesia. El edificio de la Jefatura de Policía de construcción moderna se ha agrietado completamente.	250
14-04-1927	Uspallatas-Las Heras	Ciudad Las Heras	Cornisas y casas destruidas. Se derrumbó la iglesia de San Nicolás. El edificio del Diario de Los Andes se ha caído parcialmente hacia la calle de San Juan.	Pocas
30-05-1929	Las Malvinas-Villa Atuel	Las Malvinas. Villa Atuel	Casas muy agrietadas. Desnivelaciones y hundimientos parciales del suelo. Se cayeron casas de adobe.	31 muertos y 65 heridos
25-04-1967	Paramillos	Ciudad	En muchos edificios se produjeron grietas y caídas de revoques. En el hospital Central se produjo la rotura de un centenar de vidrios y la caída del contrapeso de uno de los ascensores.	Ninguna
26-01-1985	Barrancas-Lunlunta	Núcleo urbano Gran Mendoza (Capital, Las Heras, Godoy Cruz y Guaymallén)	Daños en construcciones convencionales (adobe o mampostería de ladrillo muy antiguas). El Hospital del Carmen colapsó parcialmente.	6 muertos y varios heridos

1782 conocido como Santa Rita, el del 20 de Marzo de 1861 o del Cerro La Cal, el del 12 de agosto de 1903, el del 26 de julio de 1917, 17 de diciembre de 1920, el del 14 de abril de 1927, el del 25 de abril de 1967 y el del 26 de enero de 1985 o de Lomas de Lunlunta.

En la provincia de Mendoza se habían sentido los movimientos sísmicos del 13 de mayo de 1647 que destruyeron la ciudad de Santiago de Chile, el del 15 de mayo de 1657 con epicentro en Concepción y el del 8 de julio de 1730, que ocasionó grandes perjuicios en las ciudades de Santiago, Valparaíso, La Serena y Concepción. Pero el 22 de mayo de 1782, se produce el primer sismo de consecuencias destructivas serias para la provincia mendocina.

El terremoto del 22 de mayo de 1782, que pasó a la historia con el nombre de Santa Rita, se habría producido a las 16 hs. Este sismo agrietó la iglesia de San Agustín en varias partes, principalmente en la media naranja y farol que cierra la torre del campanario, el que quedó bastante inclinado.

El sismo del 20 de marzo de 1861, llamado del Cerro La Cal, fue responsable de la destrucción de la ciudad de Mendoza, y su epicentro se ubicó en la zona de la falla del Cerro La Cal. Este sismo se produjo a las 20 hs 36' de ese día y su magnitud fue de 7,2 grados en la escala Richter, y su intensidad de IX a X en la Mercalli Modificada. Como producto del mismo se observaron importantes efectos en el terreno, tales como agrietamiento del suelo en dirección norte-sur,

ondulaciones, hundimientos del terreno en zonas de ciénagas y surgimiento de fuentes termales como los Baños de Buena Nueva en el Dpto. Guaymallén.

A los efectos de dar una idea más concreta, de lo que fue este terremoto, extraemos algunos párrafos del relato del Dr. Wenceslao Díaz, médico de la Comi-sión Médica de Chile.

“La tarde del miércoles 20 de marzo de 1861, cayó sosegada y tranquila sobre la ciudad de Mendoza, que llena de vida, corría a los templos a depositar los votos con que la piedad cristiana se preparaba a santificar aquellos días en que la iglesia hace conmemoración del más sublime de sus misterios (era Semana Santa).

Súbitamente, a las 20 hs 36 minutos, se hizo sentir un estruendo sordo, como producido por muchos carros, que ruedan juntos y rápidamente sobre un terreno abovedado, casi al mismo tiempo, un estremecimiento ligero, puso en conmoción todos los edificios, haciéndolos oscilar suavemente de este a oeste.

El templo de San Vicente, en el actual Dpto. de Godoy Cruz, fue totalmente destruido. Los cinco arcos de la nave occidental que estaban de este a oeste se fracturaron completamente y el del centro cayó hacia el oeste con una parte de la muralla. Lo mismo sucedió con los otros cinco de la nave occidental pero no cayó la muralla, en tanto que los doce arcos que forman la nave central y que están ubicados de norte a sur, no han sufrido casi nada.

A la oscilación siguió, sin la menor interrupción, un sacudimiento brusco y

poderoso del occidente, seguido de otro no menos fuerte.

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..."

El 12 de agosto de 1903 a las 23 hs se produjo un violento sismo que afectó en particular a la población de Las Heras, ocasionó destrucción parcial de casas, la caída de la iglesia de San Francisco y se abrieron pozos que manaban agua. Las calles más afectadas fueron las orientadas en dirección norte-sur, la onda sísmica proveniente del oeste sufrió luego una desviación hacia el norte.

A lo largo de la línea que une Mendoza con Luján casi todas las casas se agrietaron, pero la iglesia de La Carrodilla, que se encuentra a medio camino, no sufrió daño.

El epicentro se localizó en la Precordillera entre Uspallata y el cerro del Plata.

De acuerdo a relatos de los pobladores de Panquehua, el 26 de julio de 1917 a las 22 hs 30' se sintió un repiqueteo de tres o cuatro segundos y un ruido sordo que terminó en una ligera oscilación. Casi inmediatamente se percibieron ondulaciones fuertes de norte a sur, que se sentían pasar bajo los pies con ritmo regular. El estruendo producido por las cosas en movimientos era tan grande que a 3 metros de distancia había que gritar para ser escuchado.

El periódico de la provincia de San Juan, Diario Nuevo, del sábado 28 Julio 1917 informa que: "El área más afectada por este sismo fue Panquehua (Mendo-

za), donde hubo algunos derrumbes y se abrieron grietas por las que surgía agua.

En cuanto a pérdidas humanas se registraron dos muertos. En las zonas aledañas los daños se redujeron a caída de cornisas. La iglesia de Santo Domingo sufrió algunos daños, en tanto que la de San Nicolás quedó bastante agrietada. El movimiento ha sido general en toda la Argentina, variando solamente la duración en algunas ciudades: en Buenos Aires, duró solo 5", en Mendoza 10" y en San Juan unos 40"."

En nuestra provincia, los desperfectos son de poca importancia pero abundantes: varias cornisas se han venido al suelo, aconteciendo lo mismo con varias tapias y paredes, especialmente en los departamentos. La Catedral, el Templo de Santo Domingo y La Parroquia de La Merced, han sufrido consecuencias de regular importancia. Las cruces de la Catedral, que estaban orientadas de Sur a Norte al primer movimiento hicieron un brusco cambio tomando la posición de Este a Oeste. En el interior del templo se han producido algunas grietas. Una de las estatuas que dan frente a la plaza, se ha movido algo de su base".

En el Diario La Prensa de Buenos Aires del sábado 28 de julio de 1917, se transcribe el informe brindado por el Observatorio de La Plata que dice: "Desde su inicio el movimiento fue violento sin la fase preliminar que los caracteriza casi siempre. Esa violencia de las vibraciones subterráneas determinó en el Sismógrafo Mainka una agitación tal en las agujas que trazan las líneas indicadoras de la

per-turbación, que desde el principio desbordaron la banda registradora, no quedando anotación alguna.

El sismógrafo Vicentini, en razón misma de su construcción, registró en cambio todo el movimiento. En este aparato, como en el Mainka, empieza violentamente el registro a las 10 hs. 38' 30". La onda máxima fue anotada a las 10 hs. 42' 30", es decir, a los 4' justos de haber empezado el temblor. El sismógrafo funcionó durante 41', sin interrupción.

La componente vertical llegó a 8 cm de desarrollo, quedando establecido que el foco o hipocentro donde se ha producido la perturbación se debe encontrar entre los 25 y 80 km. de profundidad. La onda máxima de la componente horizontal llegó a 24 cm.

En Chile se produjo a las 10 hs 20' y según observaciones del Servicio Sismológico de Santiago duró 72" y abarcó una gran zona del país."

El periódico de San Juan, Diario Nuevo, del sábado 18 de diciembre de 1920 relata: "El 17 de diciembre de 1920 a las 15 hs 4' se produjo en la provincia de Mendoza un fuerte temblor de tierra, que se reprodujo media hora después. Ambos sacudimientos tuvieron una duración de varios segundos."

Este movimiento sísmico conocido como el terremoto de El Central y Costa de Araujo, alcanzó el grado X en la zona epicentral. En el Departamento de Lavalle, la villa ha quedado casi completamente destruida. También son numerosos los perjuicios, causados por el temblor, en el Departamento San Martín,

Distritos Tres Porteñas y El Central. El número de víctimas es de aproximadamente 250 personas, siendo numerosos los heridos y contusos.

También se sintió en la región de Pareditas y San Carlos, pero no se lamentaron pérdidas humanas.

Al describir los efectos de este terremoto Loos (1926), expresa: "En los alrededores del balneario El Borbollón hay varios pozos que dan agua cristalina, pero debido al sismo el agua se enturbió y aumentó en cantidad.

En costa de Araujo se formaron grietas en el suelo, de las cuales salió gran cantidad de agua, alcanzando las columnas líquidas, en ciertos lugares, 2 ó más metros de altura y los pozos comunes despidieron agua con intermitencias hasta dos días después del terremoto. En las cercanías de la finca Casale se detectó un pozo de 2 - 2,50 m de diámetro y 3 m de profundidad.

En la zona de El Central se podía apreciar en las ruinas una mayor tendencia de caída hacia el este y el oeste.

En Colonia Estrella, también se observaron erupciones de agua subterráneas y cráteres de arena alineados de SSO a NNE."

En general la zona afectada por este terremoto se extendió hacia el noreste hasta Jocolí, hacia el sureste hasta Junín, hacia el este a lo largo de la cañada de Moyano y hacia el suroeste hasta Corralitos y Borbollón.

El Jueves Santo del 14 de abril de 1927 a las 2 hs 35' cuando la población dormía se produjo un fuerte sismo que provocó

daños similares en poblaciones argentinas como chilenas, incluyendo las ciudades de Mendoza y Santiago.

En Argentina los mayores daños se produjeron en Las Heras (Mendoza), sobre todo en Panquehua (El Resguardo-El Resbalón). Además se sintió en San Juan, La Rioja y Córdoba. Según relatos de la época la trepidación era muy repetida, hacía sonar los objetos sueltos y parecía provenir del suroeste. La edificación de las calles con rumbo nort-sur fue la más afectada a causa de que las ondas sacudieron el suelo en sentido vertical provocando daños en los cimientos de las casas.

El epicentro se ubicó en una zona de inestabilidad al norte del Aconcagua, desde allí las ondas se propagaron por un lado de oeste a este, destruyendo nuestra ciudad andina, y por el otro lado, hacia el oeste donde al encontrar el gran valle longitudinal chileno lo siguió pasando por Santiago de Chile.

El Diario Los Andes, de la provincia de Mendoza, del viernes 15 de abril de 1927 comunica: "El observatorio astronómico de La Plata informó que el fenómeno registrado fue de una violencia tal que saltaron las agujas del aparato sismográfico. Se produjo a las 2hs. 35' 28" del día 14, repercutiendo en Mendoza y Santiago de Chile. Se produjo a 1.100 km. de La Plata, en la Cordillera Andina, hacia el oeste, pero más al oeste que los movimientos comunes en Mendoza. No se pudo obtener la duración.

El observatorio de El Salto, de Chile, informó que el sismo se registró a las 8:40

con duración de 30 segundos. Saldo de 8 muertos y 70 heridos graves. No se registro en Valparaíso con violencia."

Respecto al sismo del 25 de abril de 1967, el periódico mendocino Los Andes del 26 de Abril de 1967 relata: "*El Observatorio Sismológico del Pilar (Córdoba) registró el inicio del sismo a las: 6 hs 37'34", las ondas secundarias a las 6 hs 38'18" y las ondas largas a las 6 hs 38'47" y estimó la distancia aproximada en 510 y 520 km., es decir, el epicentro se localizó en Paramillos (a 20-30 km. del Gran Mendoza en dirección noroeste). Afectó toda Mendoza y San Juan.*

El Observatorio de La Plata registró el sismo a las 6 hs 38', con epicentro a unos 1.100 km. al oeste-noroeste de esta ciudad (región NO de Mendoza) y una magnitud de 6 en la escala Richter.

No se produjeron derrumbes, ni hubo víctimas. Los daños en su mayoría fueron grietas y caídas de revoques, daños en el Correo Central, Hospital Central, rotura de vidrios y caída del contrapiso de un ascensor".

El sismo del 26 de enero de 1985 se produjo a las 3 hs 7' y afectó principalmente el núcleo urbano del Gran Mendoza (Capital, Las Heras, Godoy Cruz y Guaymallén). Los mayores daños se observaron en construcciones de adobe o mampostería de ladrillos muy antiguas. Se manifestaron como grietas en las paredes, corrimientos de techos y muros fuera de la vertical, con muy pocos colapsos.

Por el contrario en la zona sísmica meridional mendocina (región sismo-

tectónica del Surmendocino), se registran escasos terremotos de considerable intensidad. Solo se había sentido el sismo del 29 de agosto de 1861 y el del 29 de Mayo de 1929 en San Rafael.

La zona del valle de San Carlos y Tunuyán no es muy sísmica pero se han producido algunos temblores aunque no han sido muy violentos. Según relatos de lugareños se sabe que el 2 de noviembre de 1883 se sintió un sismo muy fuerte en esta región; que el 4 de octubre de 1913 en San Carlos-Tupungato se percibió un suave movimiento telúrico; que el del 26 de Febrero de 1926 a las 14 hs 45' tembló en San Carlos, Tunuyán y Tupungato pero no se percibió en la capital mendocina; que el 26 de mayo de 1926 se produjo un movimiento sísmico suave; que el 24 de Noviembre de 1928 a las 3 hs 30' se percibió un sismo suave en la zona de San Carlos-Tunuyán al igual que el 20 de Diciembre de 1928.

El 30 de mayo de 1929, a las 5 hs 45', tuvo lugar un sismo que afectó principalmente la zona de Villa Atuel, Las Malvinas y El Escorial. Su magnitud fue de 6,5 y la intensidad máxima de VI EMM.

La población de Villa Atuel (San Rafael) quedó en ruinas. El temblor provocó grietas de donde manó agua caliente que alcanzó la altura de algunos centímetros. Se produjeron fenómenos de licuefacción de suelos, puesto de manifiesto por la presencia de pequeños cráteres de arena y barro (Figuras 2 y 3).

En la zona de Malvinas muchas de las casas fueron destruidas y algunas de las

que quedaron de pie estaban muy agrietadas. Esto obedece entre otros factores a la poca coherencia de los suelos que son de tipo franco-arenosos lo que favoreció los fenómenos de licuefacción.

A partir de la descripción de algunos testigos y de las características del terremoto se infiere que la onda sísmica siguió primero una orientación ONO-ESE que luego se transformó en N-S, adquiriendo allí el máximo de intensidad. Esto coincide con la dirección en que se localiza la Falla Malvinas.

El sismo se sintió en Tupungato a las 5 hs 45'; en San Carlos a las 6 hs 00', 6 hs 05', 6 hs 15' y 8:45; y en el Sosneado a las 6 hs 45', 6 hs 50', 6 hs 45' y 8 hs 12'. En San Rafael tembló toda la tarde.

Con regular intensidad se sintió en Córdoba y San Luis. En Chile se sintió por 30 segundos el sismo pero no se registraron víctimas (Diario Los Andes, Mendoza, viernes 31 de mayo de 1929).

De estos registros se concluye que la actividad sísmica en el territorio mendocino ha sido alta y persiste actualmente.

Tectónica cuaternaria

Las unidades cuaternarias en las que más frecuentemente se han preservado de la erosión los rasgos de la tectónica neógena son los abanicos aluviales y los niveles aterrizados. Un análisis morfológico detallado del área permitió identificar las fallas activas más notorias de la provincia de Mendoza (Figura 4).



Figura 2. Aspectos de los cráteres de agua y barro en la zona de Villa Atuel. (Extraído de Lunkenheimer, 1930)

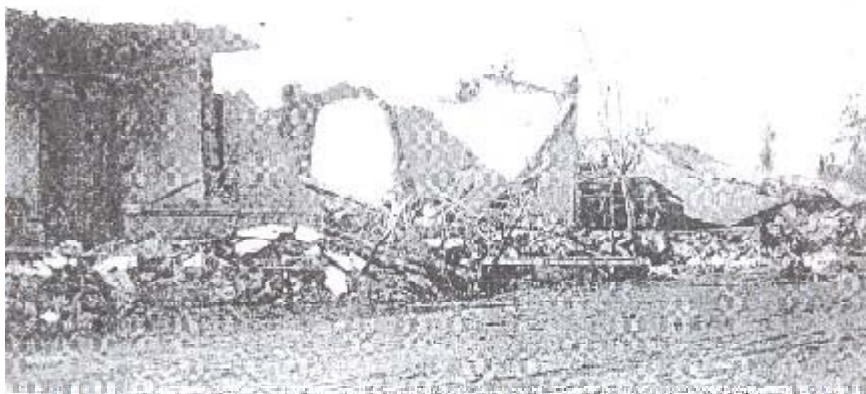


Figura 3. Vista de una de las calles de Villa Atuel, en la que la totalidad de las viviendas han sido destruidas por el sismo. (Extraído de Lunkenheimer, 1930)

Se consideraron zonas con características morfotectónicas propias que representan distintos estados de esfuerzo de la corteza. Esto permitió identificar los sistemas de fallamiento y fallas que a continuación se detallan:

- Sistema de Fallamiento Vacas-Tupungato, rumbo-deslizante de carácter sinistral constituye el límite entre cordillera Frontal y Principal y adquiere expresión cuaternaria al prolongarse en el borde oriental del Bloque de San Rafael a través de la falla Malvinas.
- La Falla Malvinas, es una falla rumbo deslizante, de carácter sinistral, en la que Cisneros (1993) diferenció dos segmentos: el septentrional de rumbo N7° O y 41 km. de longitud y el austral de rumbo N22° O y 53 km. de longitud. Esta falla presenta una superficie nueva de rotura, producida durante el terremoto del 30 de mayo de 1929, denominado Villa Atuel-Malvinas.
- Sistema de Fallamiento Piedemonte Andino, que incluye la Falla Chupasangral, Falla Chalet y Falla Malargüe, se extiende desde las cercanías de Potrerillos bordeando el faldeo oriental del Cordón del Plata hasta el río Papagayos y su probable continuación al sur del río Diamante hasta la latitud de Malargüe. A este sistema se vincula vulcanismo fisural cuaternario. En algunos tramos de la falla Chalet se observan escarpas bien conservadas y cauces desplazados que indican que han sido reactivados en tiempos holocenos (Tello, 1998).
- Fallas Transversales (Papagayos y Diamante), se podrían considerar como la continuación del Sistema de Fallamiento Vacas-Tupungato en la planicie de la cuenca Surmendocina. Afectan a unidades cuaternarias del piedemonte, produciendo desplazamiento en arroyos y terrazas. También se observa vulcanismo fisural asociado.

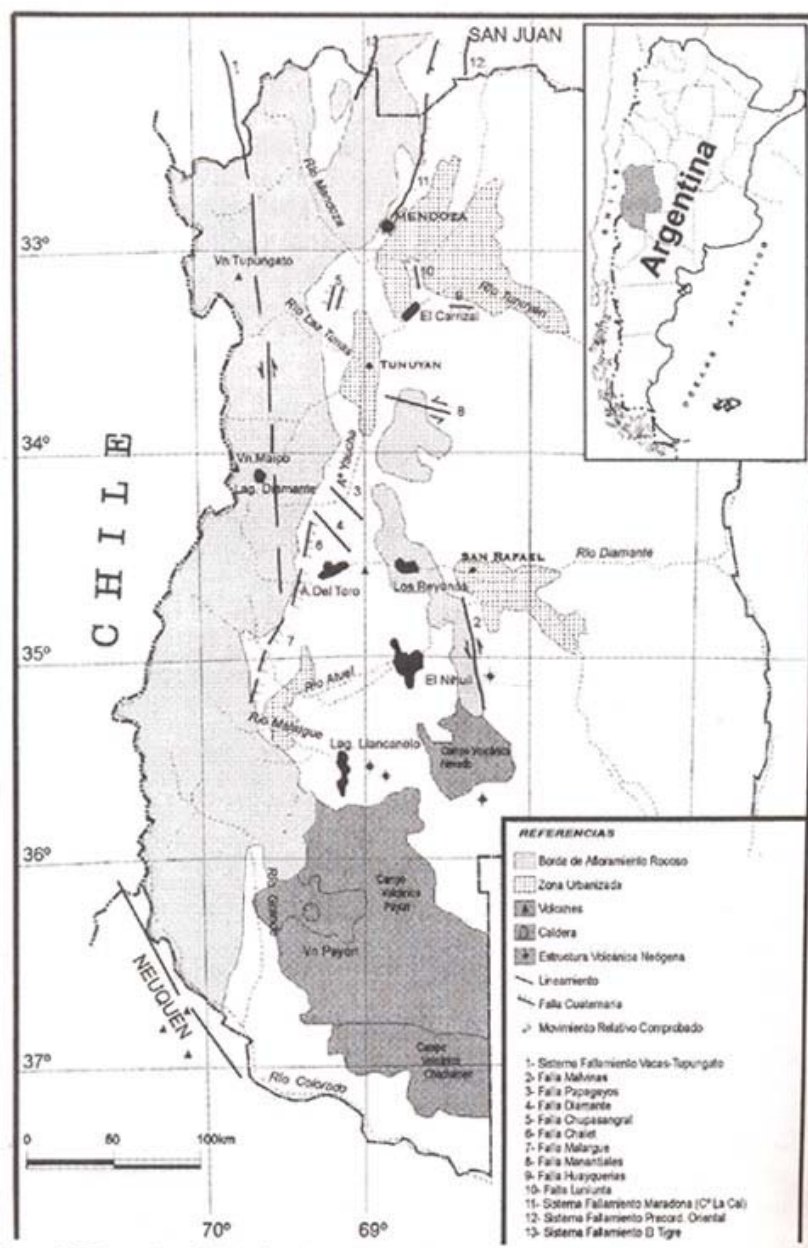


Figura 4. Fallas activas de Mendoza-Argentina

- Falla Lunlunta, se localiza en el dominio morfológico de las Cerrilladas Pedemontanas, que agrupa un conjunto de estructuras plegadas con rumbo noroeste-sudeste y aparentemente este fallamiento habría tenido desplazamiento durante el terremoto del 25 de enero de 1985 (Triep, 1987).
- Falla Manantiales y Falla Huayquerias, se localizan al sur del río Tunuyán, son fallas de rumbo este-oeste y componentes laterales importantes que desplazan a cauces holocenos (Bastias *et al.*, 1993).
- Sistema Maradona-Acequión –Cerro La Cal, es probable que el extremo sur del mismo se relacione con los sismos de 1861-1903-1920 y 1927.

Relación tectónica-sismicidad

La necesidad de conocer más profundamente la relación entre la actividad tectónica y la sísmica, dio lugar a la neotectónica, que estudia los movimientos tectónicos de los tiempos recientes.

Si se representan los epicentros de terremotos de un determinado período de tiempo sobre una escala global se puede comprobar que la mayor parte de la actividad sísmica se concentra en unos cinturones relativamente estrechos que responden a los sistemas de fosa-arco-isla circumpacíficos, el cinturón Alpino-Himalayo y las crestas de las dorsales mesoceánicas.

Esta distribución de la sismicidad se relaciona con la existencia de una serie

de placas litosféricas, rígidas de 100 km. de espesor medio, las cuales se desplazan horizontalmente sobre una capa dúctil, la astenosfera, e interaccionan unas con otras en sus límites, acumulando la energía elástica de deformación que liberada en forma brusca produce los terremotos.

La teoría de la tectónica de placas es muy útil en el análisis de la relación tectónica-sismicidad y en la interpretación del origen de cordones montañosos.

Cuando la placa de Nazca se hunde bajo la placa Sudamericana, lo hace con un ángulo inicial de aproximadamente 25°. Sin embargo, a una profundidad de 100 km. reduce su inclinación quedando casi horizontal. Como consecuencia de ello los focos de los sismos se localizan a escasa profundidad (no superan los 50 km.) y no hay evidencias de volcanismo activo. Mientras que al sur de los 33° Lat. Sur, el ángulo de inclinación de la zona de Benioff se incrementa a 30°, por lo que algunos sismos ahí originados pueden localizarse a mayor profundidad y así disminuir su efecto destructivo, en tanto que la manifestación del volcanismo cuaternario de retroarco aumenta.

Peligro sísmico y riesgo sísmico del área de estudio

El peligro sísmico se define como la probabilidad de ocurrencia de un potencial sismo destructivo, dentro de un período específico de tiempo en un área

determinada y riesgo sísmico es el número de víctimas, daños a las construcciones e interrupción de la actividad económica esperados a causa de un terremoto destructivo.

Para la determinación del peligro sísmico se emplea en numerosos países la siguiente metodología:

Investigación histórica: Se realiza con la recopilación de datos existentes que indiquen la actividad sísmica de la zona. Ello se obtiene a través de archivos históricos y comunicaciones verbales de los habitantes de la región cercana al área de estudio, registros sismográficos obtenidos en estaciones del país y del exterior.

Evidencias geológicas: Se investiga la asociación de los sismos a fallas geológicas, que se obtienen al realizar una cartografía detallada de las fallas del área, con las evidencias de su actividad reciente.

Microsismicidad: Para ello se instalan temporariamente sismógrafos en la zona que permitan detectar la ocurrencia de microsismos no perceptibles de otra manera.

Como aún no se puede efectuar la predicción de los terremotos, solo se puede decir que antes de que estos se produzcan hay variaciones en los niveles de agua en los pozos y alteración de la conducta animal. Resulta de vital importancia para lograr el desarrollo de una región, la determinación del peligro y riesgo sísmico, a fin de minimizar la pérdidas, no sólo desde el punto de vista económico-financiero, sino también humano.

La evaluación del peligro sísmico y el estudio de los riesgos sísmicos en cuanto

a la ordenación del territorio y urbanismo no solo se refiere a las normas y métodos de construcción (diseños sismorresistentes), sino también a los problemas de ubicación de los asentamientos humanos y a la planificación adecuada del uso de la tierra, evitando aquellas áreas de mayor riesgo (zonas de fallas, deslizamientos o zonas licuefacción). Los terremotos considerados necesarios para evaluar el peligro sísmico son aquellos cuya magnitud es mayor a 5 en la escala de Richter, ya que son los capaces de ocasionar daños en las construcciones.

El territorio argentino registra una fuerte actividad sísmica desde épocas históricas, particularmente el sector noroeste, donde se han registrado los sismos de mayor intensidad (Cuadro 3).

Conclusiones

La provincia de Mendoza tiene una elevada sismicidad (registrada por las estaciones sismológicas), con intensidades que varían de VI a IX grados en la escala Mercalli Modificada. En general estos movimientos han producido licuefacción de suelos, deslizamientos y derrumbes.

Se destaca además que en los últimos cien años han ocurrido varios sismos en territorio mendocino, cuya magnitud ha sido mayor a 4 grados en la escala Richter. Esto tiene como consecuencia directa la necesidad de contar con una evaluación adecuada del peligro y riesgo sísmico.

Cuadro 3. Distribución geográfica de los sismos de máxima intensidad en Argentina y los fenómenos a ellos vinculados (OAS/DERD, 1991)

Provincia	Intensidad máxima						A – Licuefacción de suelos B – Deslizamiento
	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
Catamarca	X	X					
Chaco	X						
Chabut	X						
Córdoba	X	X		1			
Corrientes	X						
Entre Ríos	X						
Jujuy	X	X	X				A-B
La Rioja	X	X	X	1			B
Mendoza	X	X	X	X			A-B
Neuquén	X	X					
Río Negro	X						
Salta	X	X	X	X			A-B
San Juan		X	X	X			A-B
San Luis	X	X	X				
Santa Cruz	X						
Santiago del Estero	X						
Tierra del Fuego	X						
Tucumán	X		1				

Algunos de los sismos más importantes registrados en la zona, que ocasionaron daños importantes y numerosas víctimas.

El análisis de la información sísmica existente para esta región sismotectónica de Precordillera y Surmendocino, da como resultado un 22% de probabilidad de ocurrencia de un terremoto de magnitud 7,5 (Ms) en 50 años y un 39% en 100 años, lo que representa un elevado nivel de actividad sísmica para esta zona, que podría afectar nuevamente al Gran Mendoza y zonas aledañas (INPRES, 1986).

Sin embargo, no están exentas de sufrir estas amenazas naturales las poblaciones ubicadas en la depresión Los

Huarpes y el Graben de Tunuyán, donde la sismicidad ha sido menor. En esta zona los centros poblados son numerosos y una densidad poblacional apreciable. Además por sus características constructivas casi un 30% de los edificios no son sismoresistentes. Es decir que de producirse un sismo, los perjuicios serían importantes, tanto desde el punto de vista humano como económico.

La vida agrícola de la región sería perturbada tanto por el abandono de la tierra como por las modificaciones ocurridas en la topografía, especialmente en el caso de un sismo muy violento, y por la desaparición de manantiales o la variación de la profundidad de la capa freática.

Considerando la configuración sismotectónica de la provincia de Mendoza, los sismos más importantes desde el punto de vista del peligrosismo son los superficiales ya que se asocian a fallas activas.

La desigual ocurrencia de sismos en el norte y sur mendocino es probable que esté vinculado con el ángulo de subducción de la placa oceánica de Nazca y la placa continental Sudamericana. Si a partir de los 33° de Lat. Sur se consideran los estilos tectónicos de ambas áreas, el área ubicada al norte se asocia a la zona de Benioff-Wadati donde la placa se ha horizontalizado. Como consecuencia de ello los focos de los sismos se localizan a escasa profundidad y no hay evidencias de volcanismo activo. En tanto que en el área sur, el ángulo de inclinación se incrementa, los sismos se localizan a mayor profundidad y las manifestaciones volcánicas son más notorias

Referencias citadas

- BASTIAS, H.; TELLO, G.; PERUCCA, L. y PAREDES, G. 1993. Peligro sísmico y neotectónica de la provincia de Mendoza. *Relatorio XII Congreso Geológico Argentino*. Mendoza, Cap VI-1: 645-658. Bs. As. Argentina.
- CISNEROS, H. 1993. *Geología del Borde Oriental del Bloque de San Rafael, ente el cerro Morado Norte y el río seco Los Toldos, con especial consideración en la Tectónica Activa*. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan. Trabajo de Licenciatura (Inédito). San Juan. Argentina.
- FORBES, D. 1938. *El terremoto de Mendoza del 20 de Marzo de 1861*. **Revista de la Junta de Estudios Históricos de Mendoza**. Vol. X. Mendoza. Argentina.
- INPRES. 1986. *Gran Mendoza, el núcleo urbano expuesto al mayor nivel de riesgo sísmico en la República Argentina*. Poder Ejecutivo Nacional. Ministerio de Obras y Servicios Públicos. Secretaria de Obras Publicas. San Juan. Argentina. Publicación Técnica N° 10.
- LOOS, P. 1907. *Estudios de sismología. Los movimientos sísmicos de Mendoza*. Ministerio de Agricultura de La Nación, Sección Geología, Mineralogía y Minería, Bs. As. Argentina. Anales III (1): 1-38.
- LOOS, P. 1926. Los terremotos del 17 de Diciembre de 1920 en Costa de Araujo, Lavalle, El Central, Tres Porteñas. En: **Contribuciones Geofísicas del Observatorio Astronómico de la Universidad de La Plata**. pág. 129-158. Tomo I, N° 2, La Plata. Bs. As. Argentina.
- LUNKENHEIMER, F. 1930. El terremoto sudmendocino del 30 de Mayo de 1929. En: **Contribuciones Geofísicas del Observatorio Astronómico de la Universidad de La Plata**. pág. 89-143. Tomo III, N° 2., La Plata. Bs. As. Argentina.
- OAS y DRDE. 1991. **Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning**. Department of Regional Development and Environment. Executive Secretariat for Economic and Social Affairs. General

Secretariat of the Organization of American States. Washington. U.S.A.

- TELLO, G. 1998. *Actividad Tectónica Cuaternaria en el Piedemonte Cordillerano entre el Río Tunuyán y Atuel y su vinculación con la Sismicidad Histórica del Sur Mendocino. Provincia de Mendoza. Republica Argentina.* Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan. Tesis de Doctorado en Ciencias Geológicas. 114 p. (Inédito).
- TRIEP E.G. 1987. La falla Activada durante el sismo principal de Mendoza de 1985 e implicancias tectónicas. *X Congreso Geológico Argentino* (Tucumán). Actas I: 199 – 202. S. M. de Tucumán. Tucumán. Argentina.