

# PRINCIPALES ASPECTOS GEOLÓGICOS PRE CUATERNARIOS Y CUATERNARIOS DEL ÁREA METROPOLITANA Y SUS ALREDEDORES EN LA PROVINCIA DE MENDOZA.

Via, S. M.<sup>a</sup>; Giolo, E.<sup>a</sup>, Calderon, F.<sup>a</sup>, Cueto, A.<sup>a</sup>, Luján, F.<sup>a</sup> y Frau, C.<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción, Sismología e Ingeniería Sísmica (CEREDETEC), Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional, ARGENTINA

e-mail: [sebastian.via@frm.utn.edu.ar](mailto:sebastian.via@frm.utn.edu.ar)

## RESUMEN

*La Geología Aplicada es una disciplina que, a través de sus ramas, tales como Petrología y Tectónica (fallas), permite entender aspectos fundamentales en la complejidad que plantean los problemas sísmicos. El área del Gran Mendoza es un conglomerado urbano integrado por 6 departamentos densamente poblados, cuya población la convierte en la cuarta aglomeración de la república Argentina expuesta al mayor peligro sísmico de la región. Estos departamentos se emplazan en las proximidades de estructuras potencialmente generadoras de terremotos o bien cuyo subsuelo presenta ciertas características geológicas que pueden experimentar amplificaciones del movimiento sísmico aumentando el potencial de daño del terremoto. La identificación de estas áreas con diferentes potenciales de amenaza sísmica es necesaria para el ordenamiento territorial con el fin de reducir el riesgo y la vulnerabilidad de los edificios y de las obras de infraestructura. Algunos de los peligros potenciales asociados a la actividad sísmica son la licuación de suelos, deslizamiento de tierras, caída de rocas, efectos de sitio debido a terremotos. Por estos motivos el presente trabajo abarca principalmente la identificación y digitalización de las unidades estratigráficas que son afectadas por sistemas de fallas o estructuras: el primero responde a las rocas de edad geológica pre-cuaternarias (desde Paleozoico hasta el Mesozoico), que son las llamadas, desde el punto de vista ingenieril, rocas del basamento o rocas duras por poseer una competencia y una mayor dureza; en tanto que el segundo grupo pertenece a las rocas cuaternarias o rocas blandas. Dentro de las rocas cuaternarias se han considerado diferentes formaciones o unidades litológicas con sus características granulométricas, texturales y genéticas, estas rocas se encuentran afectadas por fallas neo-tectónicas, de edad Pleistocenas-Holocenas. El trabajo concluye con la digitalización por primera vez, de un mapa a escala 1:50.000 de la Geología del área metropolitana del Gran Mendoza para uso público.*

**Palabras Clave:** Geología Aplicada, Petrología, Tectónica, Fallas, Neo-tectónica.

## **INTRODUCCIÓN**

En la Geología Aplicada, se incluyen, entre otros, el análisis de los procesos geológicos (estudiados por las diferentes ramas de la Geología Básica como la Tectónica, la Petrología, Geomorfología, etc) y el comportamiento de los materiales (estudiados por la Ingeniería y la Geotécnia) aplicados a la prevención y al manejo de daños en el ordenamiento territorial.

Más específicamente, según los estatutos de IAEG (Intenational Association for Engineering Geology and the Envirorenment) , la Geología Aplicada a la Ingeniería es la ciencia dedicada a la investigación, estudio y solución de los problemas ingenieriles que pueden surgir como resultado entre la interacción de la geología y los trabajos o actividades del hombre, y también incluyen medidas tales como la prevención y el desarrollo de medidas para la remediación del riesgo geológico y sísmico (González, et. al. 2004)

Como rama fundamental de la Geología, la Petrología es la ciencia que se encarga del estudio de las rocas, de acuerdo a sus propiedades físicas, químicas, mineralógicas, espaciales, cronológicas y a los procesos de formación de las mismas. (Osorio, Simpe, R., M, 2007)

El presente trabajo se encuadra en el marco del proyecto “Clasificación de sitios para el diseño sísmico de estructuras en área metropolitana del Gran Mendoza” (Frau et al. 2016). Se orienta a la identificación y digitalizado de las unidades estratigráficas pre-cuaternarias, cuaternarias y las unidades estructurales (Fallas) del Gran Mendoza. Uno de los principales resultados es la obtención de un mapa en formato digital a escala 1:50.000 del Área del Gran Mendoza y sus alrededores.

La región donde se inserta el área de estudio, se localiza en un marco tectónicamente activo por encontrarse en la convergencia de las Placas Sudamericana y de Nazca, lo que genera fallas potencialmente generadoras de terremotos.

## **AREA DE ESTUDIO**

El área urbana conocida como Gran Mendoza se encuentra enclavada en la zona de máxima peligrosidad sísmica del territorio de la República Argentina (INPRES-CIRSOC 103 Parte 1 2013), donde habitan actualmente más de 1.000.000 de personas y se desarrolla la actividad socioeconómica más importante de todo el oeste de la República Argentina. Se caracteriza por una alta densificación edilicia y poblacional, especialmente en el conglomerado urbano del Gran Mendoza (Giolo et.al. 2018), ver Fig. 1.

La zona de trabajo involucra parte de 6 departamentos densamente poblados, tales como Las Heras, Capital, Guaymallén, Maipú, Godoy Cruz y Luján, ver Fig. 1. La zona dibujada en rojo representa la zona de estudio, mientras que los polígonos dibujados en verde muestran los departamentos incluidos en el área metropolitana del gran Mendoza.

El área de estudio se restringe a una zona de aproximadamente 100 km<sup>2</sup> y sus límites quedan definidos por un hacia el Oeste; por una línea imaginaria de 15 km de longitud paralela a calle Boulogne Sur Mer; al Sur un lado de 5 km de longitud siguiendo el eje de calle Tiburcio Benegas del Departamento de Godoy Cruz; al Este una línea de un poco más de 15 km según eje de Ruta Nacional N° 40 Sur –Calle Mitre – Ruta Nacional N° 40 Norte y por último al Norte según eje de calle Independencia del Departamento de Las Heras. La zona fue definida de forma tal que abarcara los principales núcleos urbanos. Se encuentra aproximadamente entre los paralelos 32° 50' 30" y 32° 56' 33" de latitud sur y los meridianos 68° 52' 1" y 68° 48' 00" de longitud oeste. La altura del nivel de terreno se encuentra entre 770 msnm y 800 msnm ver. (Giolo et.al. 2018)

## MARCO GEOLOGICO REGIONAL

El Gran Mendoza se inserta directamente al este de la Precordillera (ver Fig. 2) y en el segmento de subducción sub horizontal entre los 28° y 33° sur (ver Fig. 3), esta región suprayacente a la sub horizontalidad de la placa subducida presenta ausencia total de vulcanismo (Nafa et. al. 1989). El movimiento de la placa de Nazca hacia el este a tan poca profundidad desarrolla un acoplamiento mecánico viscoso entre ellas. Este fenómeno produce el empuje y el complejo fallamiento inverso principalmente y fallas con componentes de rumbo en forma subordinada hacia el oeste del Gran Mendoza.

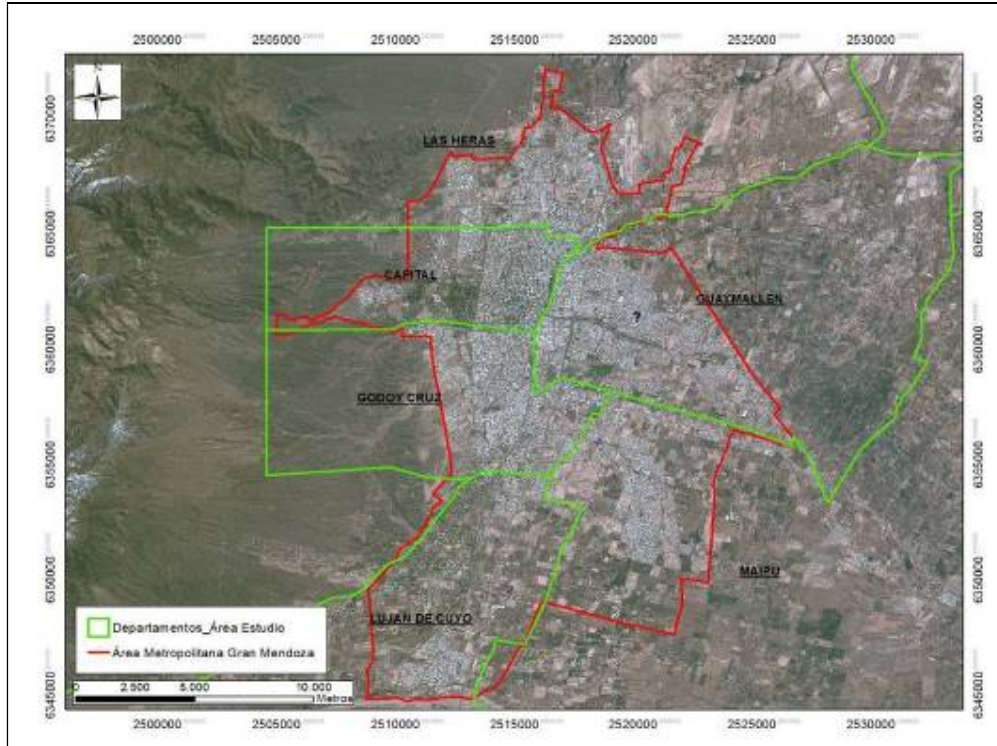


Fig. 1. Área de Estudio Gran Mendoza. La zona dibujada en rojo representa la zona de estudio, mientras que los polígonos dibujados en verde son los departamentos incluidos en el área metropolitana del gran Mendoza

En el sector montañoso de la Precordillera (al oeste) las unidades geológicas más antiguas (paleozoicas) están representadas por calizas cámbricas, pelitas ordovícicas y metasedimentitas siluro-devónicas de la formación Villavicencio; estas últimas localmente intruídas de manera discordante por plutones devónicos tempranos (Folguera et al. 2004). Sobre las unidades siluro-devónicas se disponen, en discordancia angular, sedimentitas marinas carboníferas a pérmicas (Polanski 1958); por encima, y con una marcada discordancia angular, las volcanitas perotriásicas del Grupo Choyoi.

Hacia el este, en el ámbito del piedemonte mendocino, las unidades geológicas aflorantes corresponden a las sedimentitas triásicas de la cuenca extensional Cuyana (Grupo Uspallata) que constituyen las rocas más antiguas del sector. Suprayacen depósitos jurásico-cretácicos de las formaciones Papagayos y Barrancas, paleógenos de la formación Divisadero Largo, sinorogénicosmio- pliocenos de las formaciones Mariño, La Piona y pliocenos superiores a pleistocenos tempranos de la Formación Mogotes (Irigoyen et al. 1999, Irigoyen et al. 2000, Chiamonte et al. 2000). Cubren a estas unidades en forma discordante y casi continua, niveles aluviales aterrazados asignados a las formaciones Mesones y La Invernada del Pleistoceno Inferior a Medio (Polanski 1963), constituidas por gravas polimícticas poco consolidadas. Estos

niveles se encuentran fuertemente disectados y se interdigitan con los depósitos cuaternarios de conos aluviales del río Mendoza hacia el oriente, sobre los que apoyan los depósitos coluviales y aluvionales recientes del pie de la sierra, que forman una gran planicie aluvial inclinada hacia el este (Sepúlveda y López 1998).

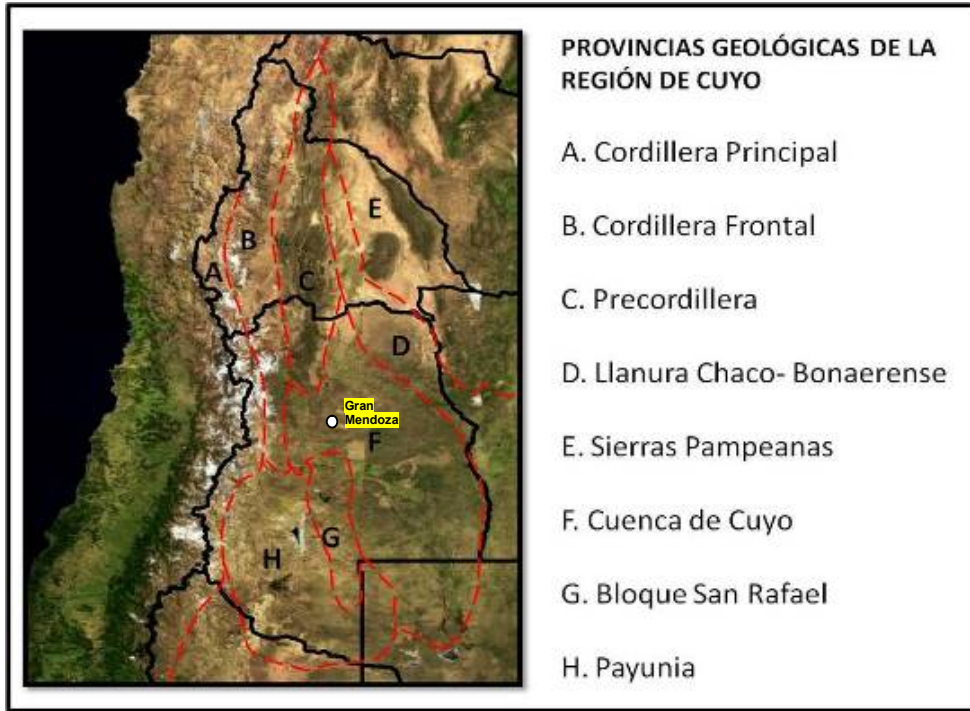


Fig. 2. Ubicación del área Gran Mendoza respecto a las Provincias Geológicas. Modificado desde Fucks, E, y Pisano, M. F. (2017)

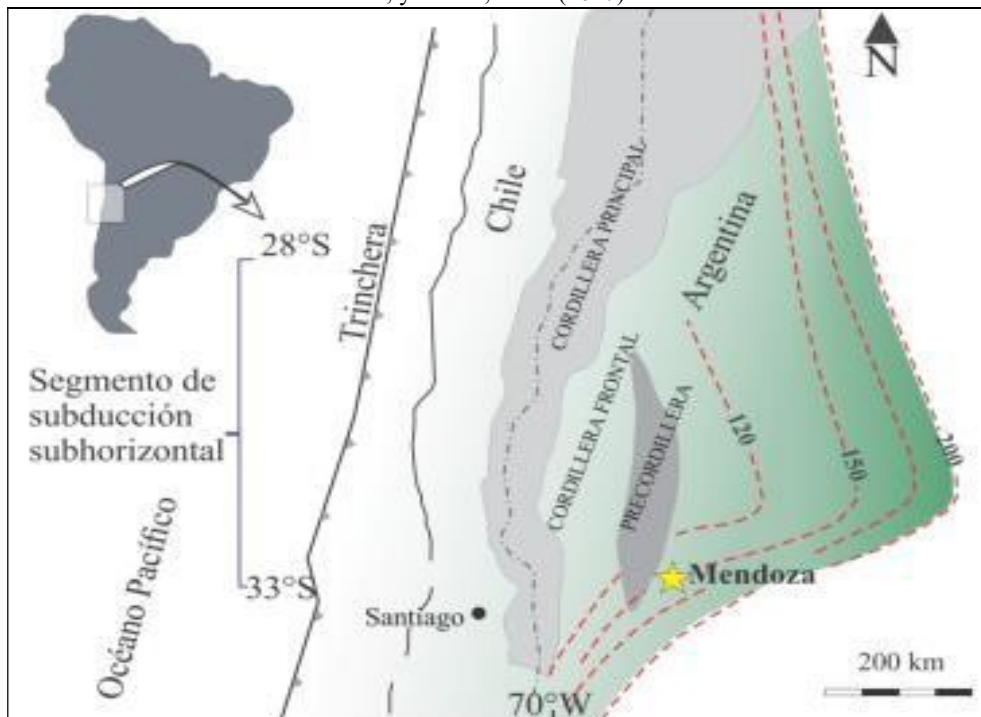


Fig. 3. Mapa de ubicación y localización de la ciudad de Mendoza en el segmento de subducción subhorizontal. Las curvas de profundidad muestran la zona Wadati-Benioff de Cahill y Isacks (1992). Figura modificada desde Kay y Mpodosis (2002).

## **GEOLOGIA DEL GRAN MENDOZA.**

El margen este de los Andes entre los 30° y 33°S, al sur del segmento de subducción subhorizontal de la placa de Nazca (Figura 2), es una de las zonas históricamente más activas del mundo (Costa et al. 2006, Moreiras et al. 2014).

La sub-horizontalización de la placa de Nazca inicia entre los 8 y 10 Ma (Jordan y Gardeweg 1987) vinculado a la subducción de la dorsal asísmica de Juan Fernández. Este proceso causa un marcado estrés compresivo que resulta en dislocaciones con desarrollo de fallas locales y regionales (Smalley y Pujol 1993).

La ciudad de Mendoza y sus alrededores presentan una compleja Geología compuesta por distintas unidades estratigráficas precuaternarias y unidades cuaternarias.

### **UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS**

Se han diferenciado y digitalizado 8 unidades estratigráficas pre cuaternarias (ver Fig. 4), que van desde Sedimentitas cámbricas ordovícicas química-clásticas hasta sedimentos conglomerádicos de la Formación Mogotes

- 1-Sedimentos Conglomerádicos (Plioceno) Fm. Mogotes
- 2-Sedimentos Continentales (Terciario Medio a Superior)
- 3-Intrusivos (Terciarios)
- 4-Sedimentitas (Terciario Inferior)
- 5-Sedimentitas (Triásicas)
- 6-Vulcanitas efusivas piroclásticas (Paleozoico Inferior a Triásico Inferior)
- 7-Areniscas (Paleozoico Inferior a Medio)
- 8-Calizas (Cámbrico-Ordovícico):

Las unidades pre cuaternarias se extienden en las provincias geológicas de Precordillera, Cordillera Frontal, Cerrillada Pedemontana y Bloques de San Rafael, es decir, se encuentran en zonas elevadas, en las llanuras se encuentran escasos afloramientos (Nafa et. al. 1989).

En el área de estudio, las unidades estratigráficas cuaternarias digitalizadas (ver Fig. 5), se encuentran representadas por terrenos sedimentarios, volcánicos y piroclásticos. Estas han sido nombradas desde secuencias más modernas a la más antigua, con el fin de respetar la representatividad de la columna estratigráfica pre cuaternaria.

Las unidades estratigráficas cuaternarias aflorantes son:

**1-Depositos Llanura de Inundación y cauces Rio Mendoza:** en la llanura nororiental del río Mendoza se observan gravas y arenas fluviales. Dichos depósitos se encuentran hasta en zonas bastantes alejadas del frente precordillerano, formando afloramientos alargados.

**2-Depositos pedemontanos modernos:** en su mayor parte son de edad holocena, tiene espesores variados y se presentan en conos aluviales y bajadas pedemontanas.

**3-Depositos de llanura aluvial Rio Mendoza:** están formados por arenas finas limosas, limos en parte salinos y algunas capas de gravilla, e integran depósitos de cauces y barras fluviales, meandros abandonados y llanuras de inundación.

**4-Depositos del abanico aluvial del Rio Mendoza:** forman afloramientos reducidos que en la mayor parte de su extensión están cubriendo una capa de pocos metros de espesor de limos de la Formación El Zampal.



**5-Formación El Zampal:** Limos-Arcillas: estos depósitos tienen amplia distribución superficial en la zona pedemontana y llana, próxima a los frentes cordilleranos y pre cordilleranos. Está constituida por limos amarillentos, en parte calcáreos, que alternan con capas de cenizas volcánica, arenas fluviales y específicamente en su parte inferior lentes de gravas. Se realizó estudio de datación de carbono 14 sobre esta formación arrojando una edad relativa de 9625 años.

**6-Depósitos pleistocenos de la Cerrillada Pedemontana y Precordillera:** se reconocen estos depósitos indiferenciados por estar elevados, debido a causas tectónicas y fuertemente disectados por canales fluviales permanentes o temporarios. Comprende los depósitos parcialmente erosionados de Jocoli, en el sur del Cerro La Cal.

**7-Formación Las Tunas:** está formada por sedimentos aluviales, principalmente fanglomerados y gravas. La denominación proviene del abanico aluvial del Rio Las Tunas, cuya parte proximal está integrada por fanglomerados, generalmente gruesos, con matriz arenosa o gravillosa.

**8-Formación La Inverdada (facies distal y proximal)** Polanski (1962) dio este nombre a los sedimentos acumulados al formarse el segundo nivel de piedemonte, durante el Pleistoceno inferior tardío y el Pleistoceno medio. Se encuentran en las zonas pedemontanas, como restos de cerros mesetiformes. Su edad se asigna al Pleistoceno inferior tardío y Pleistoceno medio (0.42 Ma, Nafa et. al. 1989)

**9-Formación Los Mesones:** está formada por sedimentos clásticos gruesos, depositados en bajadas pedemontanas, cuya acumulación se produjo durante el Pleistoceno inferior (Polanski, 1962). La edad cuaternaria de estos terrenos está bien comprobada puesto que en algunos lugares yacen sobre los estratos conglomerádicos pliocenos de la formación Mogotes (Precuaternaria), considerando una edad entre 0.7 Ma y 2 Ma (Nafa et. al. 1989).

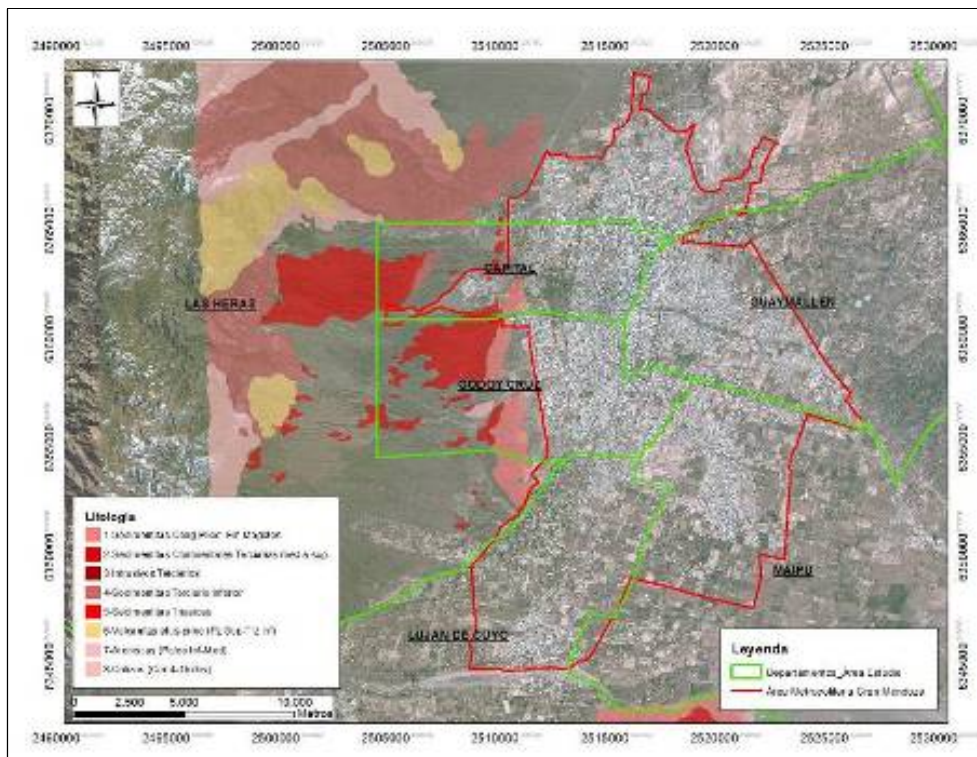


Fig. 4. Unidades Estratigráficas Pre Cuaternaria del Área de Estudio.

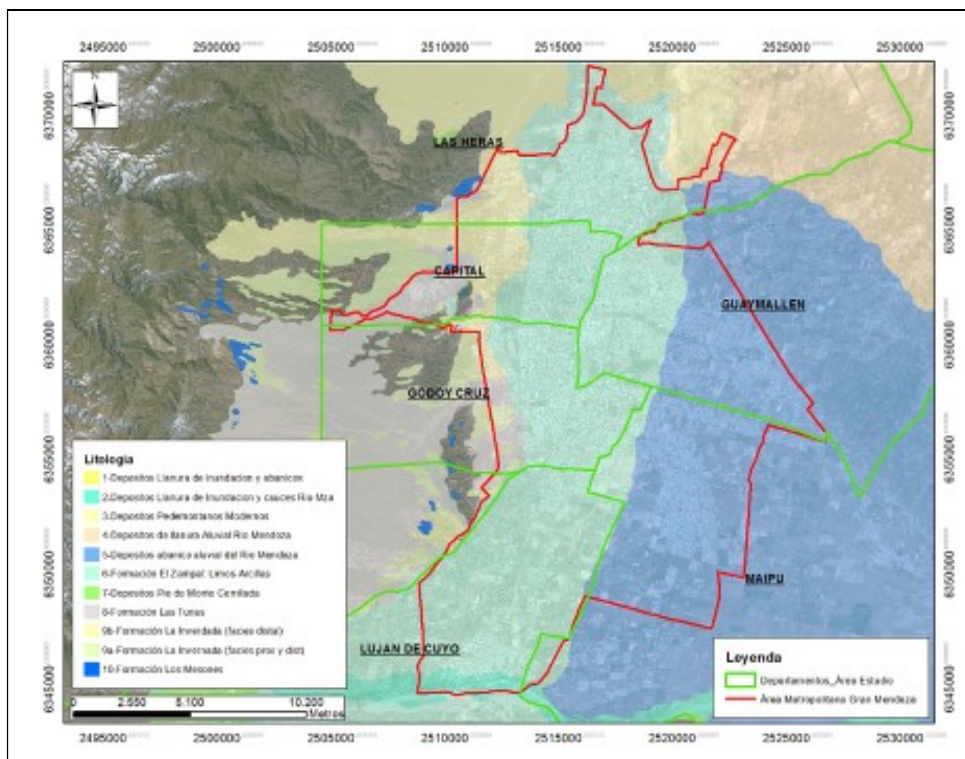


Fig. 5. Unidades Estratigráficas Pre Cuaternarias del Área de Estudio.

## UNIDADES ESTRUCTURALES

En la zona de estudio (Fig. 1), el frente orogénico presenta un intenso neotectonismo que se evidencia por importante fallamiento de los depósitos cuaternarios, lo que indica que la actividad sísmica tuvo lugar en la región durante este período (Costa *et al.*, 2000a, 2000b; Siame *et al.*, 2006; Ahumada, 2006). El término Neotectónica ha sido utilizado con diversas acepciones y expresiones, dependiendo del marco geológico involucrado. En Argentina esta acepción es utilizada para referirse a deformaciones cuyo techo cronológico se ubica en el techo del Plioceno (González, Costa *et al.* 2004), ver Fig. 6

Era	Período	Época	M. años	Eventos principales
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0,011784	Final de la Era de Hielo y surgimiento de la civilización actual
		Pleistoceno	2,588	Ciclos de glaciaciones Evolución de los humanos modernos Extinción de la megafauna
	Neógeno	Plioceno	5,332	Formación del Istmo de Panamá Capa de hielo en el Ártico y Groenlandia Clima similar al actual. Australopithecus
		Mioceno	23,03	Desecación del Mediterráneo Reglaciación de la Antártida
	Paleógeno	Oligoceno	33,9 ±0,1	Orogenia Alpina (Pirineos, Alpes e Himalaya) Formación de la Comiente Circumpolar Antártica Brusco descenso de las temperaturas Congelación de la Antártida. Familias modernas de animales y plantas
		Eoceno	55,8 ±0,2	India colisiona con Asia Máximo térmico del Paleoceno-Eoceno Disminución del dióxido de carbono Extinción de final del Eoceno
	Paleoceno	65,5 ±0,3	Continentes de aspecto actual Clima uniforme, cálido y húmedo. Florecimiento animal y vegetal	

Fig. 6. Edades Geológicas del Cenozoico, figura modificada desde Angelo Marcano, Monografía *et al.* 2009

La palabra Neotectónica no refiere a un intervalo cronológico universalmente aceptado, si no que se aplica en forma genérica a deformaciones que se entienden jóvenes o modernas en un sentido amplio. Por eso es preferible caracterizar las deformaciones de acuerdo al último periodo de tiempo registrado, por ejemplo, Holoceno, Pleistoceno, etc. (González, Costa et al. 2004)

Estructuralmente, el frente orogénico activo está compuesto por una serie de fallas inversas con orientación meridional e inclinación tanto al este como al oeste interceptado por fallamiento transversal que desplazan las estructuras principales. La mayor parte de estas fallas poseen registro de actividad holocénica, o sea dentro de los últimos 10.000 años. (INPRES, 1985; Bastías *et al.*, 1993; Costa *et al.*, 2000a; Ahumada *et al.*, 2006; Giambiagi y Moreiras, 2009; Moreiras, 2010; Frau *et al.*, 2010, Moreira, *et al.*, 2014)

De acuerdo a lo expuesto, en la zona de estudio se identificaron y digitalizaron (Frau *et al.*, 2010, Moreira, *et al.*, 2014) las estructuras con evidencias de actividad cuaternaria del piedemonte mendocino entre los 32°50' y 33° S, las cuales pueden dividirse, de acuerdo a sus características cinemáticas en dos grupos:

### **Fallas Compresivas Digitalizadas**

Las principales fallas cuaternarias con expresión superficial (observadas) que deforman el sector del piedemonte mendocino son de este a oeste: Cerro La Cal, Sistema de fallas Cerro de la Gloria y Cerro del Cristo, Pelotas, Puntilla, Divisadero Largo, Melocotón y Las Avispas (ver Fig. 7).

Falla Cerro La Cal: esta falla se ha caracterizado al norte de la ciudad de Mendoza y al parecer su traza continuaría hacia el sur ingresando por la calle Perú a la latitud de la zona de estudio. El desnivel topográfico de casi 1,2 m desarrollado a lo largo de esta arteria ha sido interpretado como la escarpa de la falla, la cual habría sido utilizada como terraplén para la localización del Ferrocarril Belgrano (INPRES, 1995). Es posible que esta falla presente una bifurcación más occidental coincidente con la calle de Boulogne Sur Mer.

Sistema de Fallas Cerro de la Gloria A, B, C / Sistema de Fallas Cerro del Cristo: Estos sistemas se expresa en lomadas pedemontanas alineadas en sentido N-S, constituidas por conglomerados plio pleistocenos y bordeados por depósitos de abanicos aluviales (Milana y Zambrano, 1996). Está integrado por varias fallas de trazos sub paralelos N-S y NNE-SSW separados 500 a 1.000 m entre sí, con expresión superficial a lo largo de unos 15 km. Son fallas inversas predominantemente de alto ángulo, aunque algunos trazos presentan ángulo bajo en superficie (Costa *et al.*, 2000a).

Falla Pelotas: los parámetros morfométricos de la falla Pelotas, no han podido ser medidos. En algunos sectores los niveles de la Formación Mogotes buzan 43° hacia el este, verticalizándose en esa dirección hasta alcanzar ángulos de inclinación casi verticales, mostrando en forma indirecta evidencias de la falla.

Falla Puntilla: En el sector sur del piedemonte, esta falla, cuya traza se alinea con las cimas de los cerros Puntilla y Pelotas, desplaza a la Formación Mogotes sobre limos cuaternarios.

Sistema de Falla Divisadero Largo: (Falla Divisadero A y Divisadero B) La falla Divisadero Largo posee un rumbo aproximado norte-sur y se ubica 10 km al oeste aproximadamente. En la reserva Divisadero Largo, dicha estructura levanta rocas triásicas de la Formación Potrerillos por encima de sedimentos cuaternarios (Rodríguez y Barton, 1990), mientras que un poco más al sur pone en contacto rocas de la Formación Río Blanco sobre el mismo cuaternario.



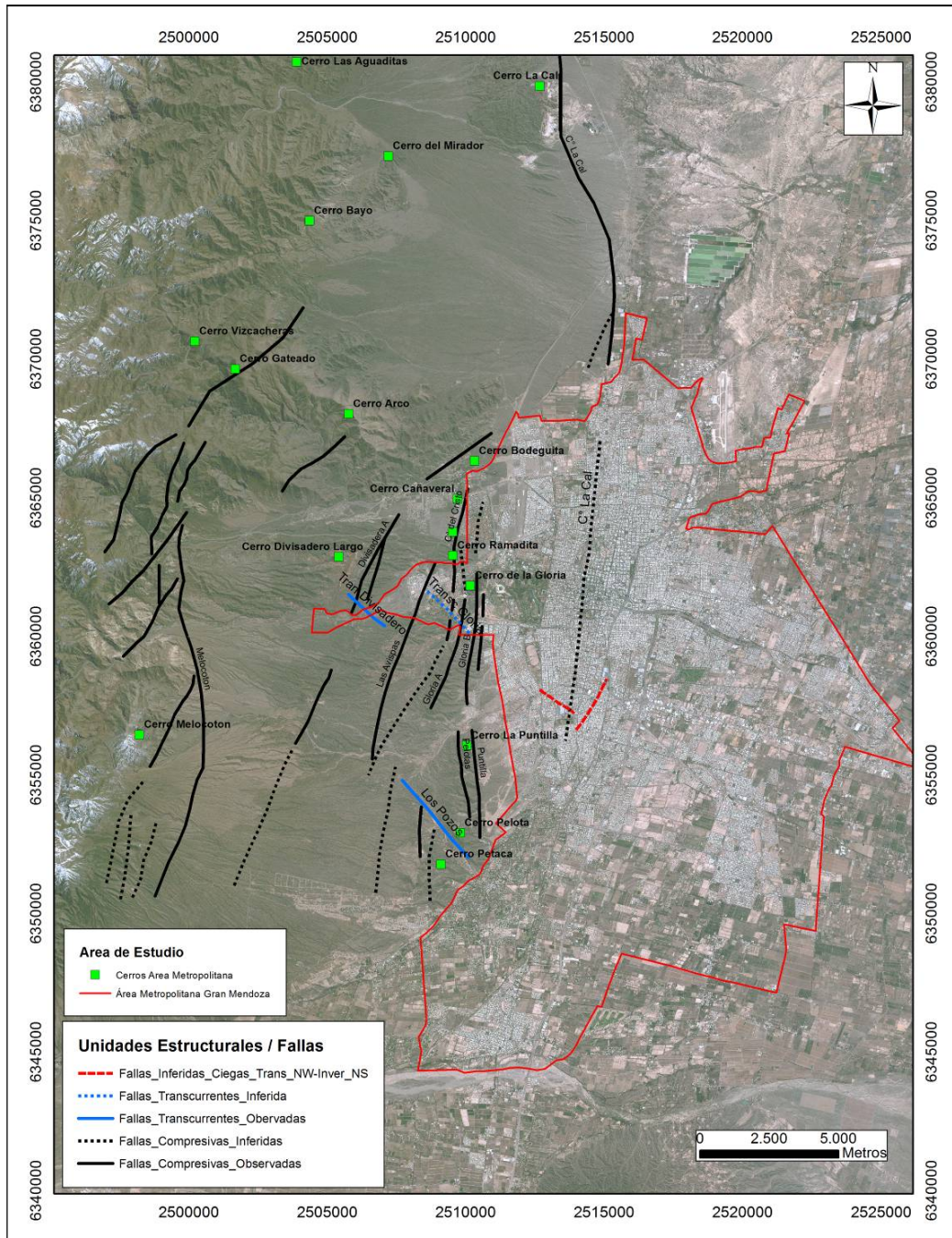


Fig. 7. Unidades Estructurales Compresivas y Transcurrentes del Área de Estudio.

**Falla Melocotón:** La falla Melocotón corresponde a un fallamiento inverso de rumbo norte-sur e inclinación al oeste (Bastías *et al.*, 1993). Se expresa geomorfológicamente como una escarpa de falla de 9 km de largo en fanglomerados pleistocenos. A lo largo de su traza de aproximadamente 40 km de longitud. Su tasa de movimiento se calcula en 0,2 a 1 mm/a (Costa *et al.*, 2000b).

**Falla Las Avispas:** La falla Las Avispas corresponde a una falla inversa con vergencia occidental y una inclinación de 40° al este, que levanta los depósitos terciarios de la Formación Mariño sobre los sedimentos cuaternarios de la Formación Invernada (Vich y Pedrani, 1993).

Esta falla inversa de rumbo NE-SW presenta una mayor inclinación ( $44^\circ$ ,  $77^\circ\text{E}$ ) y se encuentra afectando niveles terciarios de la Formación La Pizona.

### **Fallas Transcurrentes Digitalizadas**

Las fallas inversas del sistema del Cerro de la Gloria se encuentran cortadas por fallas Transcurrentes (Falla Los Pozos, Falla Divisadero y Falla Gloria, ver Fig. 7). En el suroeste de la zona de estudio, se manifiesta la falla Sinistral Los Pozos la cual presenta un rumbo NW con inclinación hacia el NE. Esta estructura corta todo el sistema de fallas norte-sur del sistema del Cerro de la Gloria en el sector austral, indicando un fallamiento holocénico más joven a los precedentes. Estudios geofísicos anteriores detectaron este fallamiento mediante sondeos eléctricos verticales al este del cerro de la Gloria (Perelló, 1991).

Posiblemente estas fallas respondan a fallamientos más antiguos reactivados y sean los responsables de acomodar variaciones de desplazamiento entre las fallas inversas. Asimismo, tal como se muestra, los segmentos A y B del sistema de fallas Divisadero Largo y el sistema de fallas del Cerro de la Gloria son desplazados en el extremo Septentrional por un fallamiento Transcurrente (Falla Divisadero,  $126^\circ$   $89^\circ\text{W}$ ) observada y una falla Transcurrente inferida (Gloria) respectivamente.

### **Potenciales Fallas Ciegas**

En trabajos previos (Frau et. al. 2015), (Giolo et. al. 2017), (Calderon et. al. 2017) (Giolo et. al. 2018a), (Giolo et. al. 2018b), se han realizado estudios de “efectos de sitio” en el área metropolitana del Gran Mendoza. El parámetro estudiado en estos trabajos ha sido el periodo fundamental de vibración del suelo y estos resultados se han representado en mapas donde se ha podido correlacionar las intensidades de diferentes sismos con los periodos de suelo. Adicionalmente en los mapas realizados se han encontrado variaciones bruscas de periodo fundamental, lo que sugiere algún tipo de anomalía geológica. Por estas razones se ha planteado la hipótesis de la existencia de al menos dos fallas ciegas (una inversa y otra transcurrente) en la zona de estudio (ver Fig. 7 y 8)

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De acuerdo a lo expuesto, se ha obtenido un mapa digital a escala 1:50.000 por primera vez de del Área metropolitana del Gran Mendoza (ver Fig. 8), el cual presenta las unidades estratigráficas pre cuaternarias y las unidades estratigráficas cuaternarias, las cuales son afectadas por fallas de con características cinemática Compresiva y Transcurrente.

Es importante destacar, el contacto estratigráfico observado (ver Fig. 8) entre los depósitos de la formación El Zampal (6, Arcillosos) versus los depósitos de abanico aluvial del río Mendoza (5, Gravas y gravillas), nótese como este contacto presenta una orientación similar a la traza de falla inferida del Cerro La Cal a lo largo de la Calle Perú en la ciudad de Mendoza, evidenciado una posible debilidad estructural o discontinuidad estratigráfica.

Respecto a las estructuras ciegas, es imprescindible para la cuantificación del riesgo sísmico poder avanzar en su demarcación y cuantificación de su potencial.

## **CONCLUSIONES**

Toda la información en digital se presenta para dominio público, y está disponible para entregar al organismo provincial y nacional que lo disponga. Para su solicitud deben dirigirse vía e-mail a la dirección que figura en el encabezado del trabajo.





## REFERENCIAS

- Osorio, Simpe, R., M., Reconocimiento, Estudio y Caracterización de Rocas y Minerales. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú 6-7 (2007)
- C. Frau, E. Giolo, M. Guevara, F. Calderón, A. Gallucci, F. Luján, M. Tornello. (2015). EFECTOS DE SITIO EN LA LOCALIDAD DE VILLA MARINI, MENDOZA ARGENTINA. XI Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Sísmica ACHISINA 2015
- E. Giolo, F. Calderón, C. Frau, F. Luján, S. Panella y A. Cueto (2017). FRECUENCIA NATURAL DE SITIOS CON NAPA FREÁTICA SUPERFICIAL. 12° E-ICES 2017.
- Calderón, F. A., Giolo, E. G., Frau, C. D., Guevara, M. G. J., Rodriguez, H. Tornello, M., Lujan, F. and Gallucci, R. (2017). Seismic Microzonation and Site Effects Detection Through Microtremors Measures: A Review. Chapter 9 in Handbook of Research on Trends and Digital Advances in Engineering Geology Edited by Nurcihan Ceryan. pp 326 - 349. DOI: 10.4018/978-1-5225-2709-1.ch009.
- E. Giolo, C. Frau, F. Calderón, S. Pagano, M. Tornello. (2018a). FRECUENCIAS NATURALES DE SUELOS EN EL NÚCLEO URBANO DE LA CIUDAD DE MENDOZA (ARGENTINA). Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras Vol. 23,2, 157 - 188 (2018)
- Giolo, E. G., Calderón, F., Pagano, S., Luján, F., y Frau, C. (2018b). La técnica del cociente espectral H/V como herramienta para la determinación de estructuras ciegas. 1° Congreso Argentino de Geología Aplicada a la ingeniería y al ambiente, San Luis, Argentina.