

# **Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente**



**ASAGAI**  
ASOCIACIÓN ARGENTINA  
DE GEOLOGÍA APLICADA  
A LA INGENIERÍA

---

Córdoba - Argentina

# INDICE

Trabajo	Autor/es	Pág
Cuerpo Editorial		I
Comisión Directiva		II
Análisis geotécnico sobre muestras de arcillas provenientes de los alrededores de la "Tambería de Guandacol" (prov. La Rioja), como posible fuente de aprovisionamiento de arcillas en la producción cerámica de los pueblos originarios	<i>Martinez, Amancay - Sales, Daniel</i>	1
Relación entre caudales y precipitación en algunas cuencas de la Patagonia norte	<i>Romero, Paula Elisa - González, Marcela Hebe</i>	7
Cartografía de riesgo de inundación y la representación de la vulnerabilidad en gran La Plata, Buenos Aires	<i>Lic. Schomwandt, David - Esp. Lic. Lucioni, Nora - Dra. Andrade, María Isabel</i>	15
Proposta de ordenamento territorial da bacia hidrográfica do Rio das Pedras (sp), na escala 1:50.000: potencial à escavabilidade dos maciços de solos	<i>Galiano, Valdir Aparecido - Lorandi, Reinaldo - de Lollo, José Augusto</i>	29
Salinización incipiente de un arroyo de alta montaña en los Andes de Patagonia (Argentina)	<i>Pizzolon, Lino - Omad, Guillermo - Weidl, Mariana - Claverie, Horacio</i>	41
Propuesta de análisis de la sismicidad a escala 1:250.000. Caso: Hoja Salta	<i>Gonzalez, M. A. - Chayle, W.</i>	55
Evaluación de la susceptibilidad de riesgos geológicos debidos a procesos de remoción en masa en el área pedemontana de la quebrada y dique Los Sauces (La Rioja, Argentina)	<i>Avila, Laura Sonia del C.</i>	63
Agregados reciclados pretratados para uso en hormigón	<i>Priano, Carla - Señas, Lilia - Moro, Juan - Marfil, Silvina</i>	77
Reseña de Libros. Experiencia Portuguesa en Obras Subterráneas	<i>Sarra Pistone, Raúl</i>	87
Instrucciones para autores		93
Formulario de suscripción o compra		97



## Propuesta de análisis de la sismicidad a escala 1:250.000. Caso: Hoja Salta

### Proposal for seismicity analysis. Scale: 1: 250,000. Sheet: Salta

Gonzalez, M. A.<sup>1</sup> ✉ - Chayle, W.<sup>2</sup>

Recibido: 21 de mayo de 2015 • Aceptado: 17 de mayo de 2016

#### Resumen

*Se presenta una propuesta de trabajo para el análisis de la sismicidad a escala regional. La Dirección de Geología Ambiental y Aplicada del SEGEMAR (Servicio Geológico Minero Argentino) realiza la cartografía sistemática de la Peligrosidad Geológica a escala 1:250.000 de la República Argentina. En el mapeo se incorporan todos los procesos geológicos que pueden generar daños, entre los cuales se encuentran los sismos. De acuerdo con la normativa de la Carta de 1996 se realiza un esquema con la localización de los epicentros a escala 1:1.000.000 y en la memoria explicativa se analiza la sismicidad histórica y la información de actividad sísmica actual, de acuerdo con la información suministrada por el INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sísmica).*

*En el caso de la Hoja Salta, se realizó un análisis de la sismicidad histórica con la colaboración del Instituto de Geología y Minería de Jujuy, además se zonificó la superficie de la Hoja según la intensidad, profundidad y densidad de los epicentros. También se consideró la distribución geográfica de las principales estructuras tectónicas con alguna evidencia de actividad cuaternaria y que atraviesan el área de estudio.*

*El procesamiento de los datos se realizó con ARCGIS, en donde se graficaron los epicentros ocurridos entre 1998 y 2014. Se realizó un cálculo entre las tres cartas obtenidas, con lo que resultó una carta con cuatro zonas de susceptibilidad sísmica.*

*Finalmente se superpusieron las trazas de las fallas con actividad cuaternaria reconocible y se concluyó con una descripción de la sismicidad, la cual fue de sumo interés para el análisis posterior de la Carta de Peligrosidad Geológica.*

**Palabras clave: sismicidad, peligros geológicos, susceptibilidad.**

#### Abstract

*A work proposal for the analysis of regional seismicity is presented. The Dirección de Geología Ambiental y Aplicada del SEGEMAR (Servicio Geológico Minero Argentino) conducts systematic threat Geological mapping at 1: 250,000 in Argentina. In all geological mapping processes that can cause damage, including earthquakes are incorporated. According to the rules of SEGEMAR (1996) should make a sketch showing the location of the epicenters at 1: 1,000,000 and in the explanatory memorandum historical seismicity and*

1. SEGEMAR-Dirección de Geología Ambiental y Aplicada.  
✉ maria.gonzalez@segemar.gov.ar  
2. UNJu- Instituto de Geología y Minería.

information current seismic activity is analyzed according to the information provided by the INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sísmica).

In the case of Hoja Salta, an analysis of the historical seismicity in collaboration with the Instituto de Geología y Minería de Jujuy were performed and the surface of the Carta is divided up according to the intensity, depth and density of the epicenters. The geographical distribution of major tectonic structures with some evidence of Quaternary activity was also considered and passing through the study area.

The data processing was performed with ARCGIS, where the epicenter occurred between 1998 and 2014 a calculation of the three layers obtained was performed, which proved a layer with four zones of seismic susceptibility is plotted.

Finally the traces of faults with Quaternary activity recognizable overlapped and concluded with a description of seismicity, which was of great interest for further analysis of the Charter Geological Hazard.

**Keywords: seismicity, geological hazard, susceptibility.**

## ANTECEDENTES

La Hoja Salta está enmarcada en un ambiente de intra-placa, donde ocurrieron y ocurren los terremotos más destructivos de la región. En un estudio sísmico realizado (Cabill, et al. 1992) en Cordillera Oriental y Sierras Subandinas durante nueve meses de medición, registraron 300 movimientos. La mayor densidad de hipocentros registrados correspondieron a una profundidad entre 20 y 25 km. La densidad va disminuyendo lentamente hacia la superficie, mientras que por debajo de los 25 km rápidamente disminuyen el número de eventos hasta los 35 km de profundidad. Aproximadamente a los 40-45 km de profundidad se encuentra la discontinuidad de Moho. A partir de ese estudio, se proponen dos modelos de engrosamiento de corteza continental (Cabill, op. cit 1992). Lo importante para el análisis de la sismicidad es la presencia, en ambos modelos, de bloques que constituyen las sierras subandinas, Sierra de Zapla y del Chañi, limitados por fallas casi verticales en superficie que tienden a hacerse subhorizontales en profundidad. La mayor cantidad de focos sísmicos han sido reconocidos debajo de la sierra de Zapla.

## FACTORES CONDICIONANTES

Las características tectónicas son de gran importancia para el condicionamiento de este proceso, así como las litológicas y su ubicación con respecto a la subducción de Nazca debajo de la Placa Sudamericana.

El área de estudio presenta pliegues con orientación submeridional, coincidentes con la orientación de las sierras. Las fallas regionales y los afloramientos de rocas de los diferentes períodos geológicos, también tienen similar orientación.

Durante el Cenozoico, se sucedieron al menos tres episodios de deformación: Incaico (Eoceno superior?), Quechua (Mioceno superior) y Diaguíta (Plioceno superior-Pleistoceno inferior). En ese lapso el frente orogénico se trasladó progresivamente hacia el este, edificando la Cordillera Oriental y las Sierras Subandinas (Salfity y Marquillas, 1999; Ramos, 1999; Mon, 2001).

El lineamiento Calama-Olacapato-Toro (COT) es una estructura tectónica transversal a la región andina y según diferentes autores tiene un rol importante en la actividad sísmica, volcánica y geotérmica. Los sismos asociados al lineamiento son movimientos típicos de la placa de Nazca, por eso la profundidad de los hipocentros en la ciudad de Salta ocurren a unos 250 km y por debajo de Rosario de a unos 600 km de profundidad. Debido a la gran profundidad las ondas sísmicas tienen

menor efecto por su propagación en las inmediaciones del epicentro, debido a lo cual estos sismos son poco destructivos.

Colombi y colaboradores (2002) analizaron la amplificación sísmica de la ciudad de Salta y diferencian dos áreas de terremotos: unos relacionados al plano de subducción, localizados a profundidades crecientes en sentido O-E (fuera de la hoja), y otra zona con actividad sísmica superficial relacionada al actual frente de deformación andino en las Sierras Subandinas. Con respecto a la litología, estos mismos autores proponen una subdivisión de las formaciones geológicas presentes en tres unidades gravimétricas: a) las rocas del basamento Precámbrico superior-Paleozoico inferior con  $\rho=2,67 \text{ g/cm}^3$ ; b) depósitos cenozoicos con  $\rho=2,3 \text{ g/cm}^3$ ; c) rocas del cuaternario no diferenciado con  $\rho=2,15 \text{ g/cm}^3$ . También agregan que a causa de los grandes espesores de los depósitos cuaternarios, encuentran áreas de “desamplificación” donde las ondas sísmicas no amplifican su efecto.

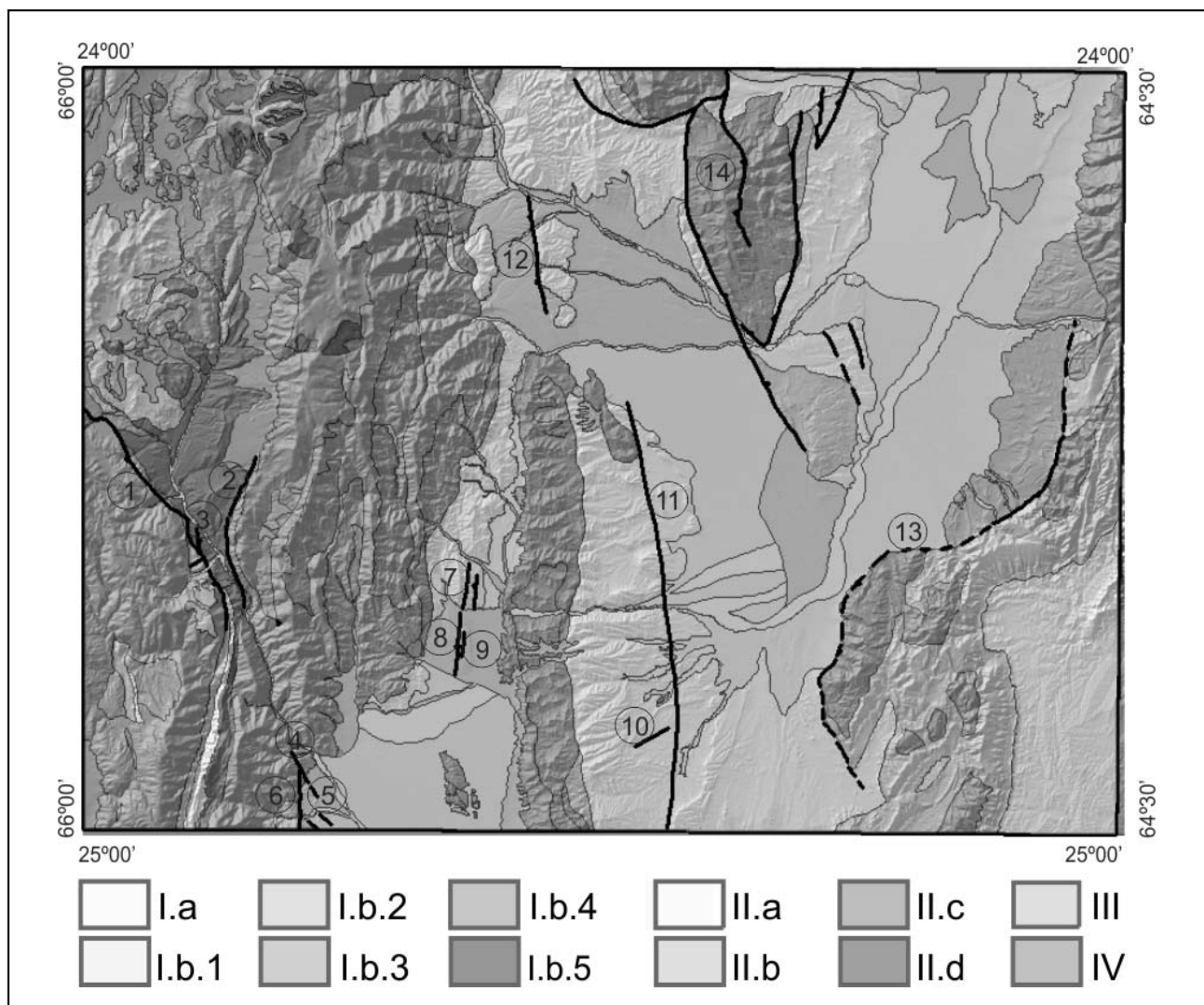
En los diferentes valles de la Hoja se reconocen geolineamientos; en algunos casos poco visibles, en otros se presentan escarpas de fallas en terrenos modernos y también son evidentes las fallas modernas en los flancos de los cordones montañosos en contacto con los valles y particularmente en las serranías. Las dataciones radiométricas disponibles y las similitudes litofaciales son escasas entre algunas unidades cuaternarias, por lo tanto no es posible definir cuantitativamente tasas de movimiento ni edades absolutas de deformación en los diferentes sectores de la región. Sin embargo, analizando la estratigrafía cuaternaria disponible es posible establecer relativamente aquellas zonas con actividad tectónica más reciente. La actividad sísmica en la región está íntimamente relacionada con algunas características de ciertas estructuras geológicas presentes en la zona. A partir de la información obtenida en la base de datos de deformaciones Cuaternarias (Casa et al., 2014), y trabajos recientes podemos mencionar las estructuras con actividad cuaternaria enumeradas en la Tabla 1 y la Figura 1.

## SISMICIDAD HISTÓRICA

La región de estudio y alrededores presenta históricamente manifestaciones de movimientos sísmicos que, en diferentes oportunidades, se han registrado como catastróficos en distintas poblaciones. Los sismos han sido escasamente documentados, sin embargo el análisis histórico de estos eventos de la región nos permite conocer el impacto que tuvieron en la población desde la colonización española, porque es a partir de esa época que comienzan los registros escritos.

**Tabla 1. Listado de deformaciones cuaternarias ubicadas en la Hoja Salta.**

Nº	Nombre	Edad del último movimiento	Característica	Referencia
1	Falla Solá	<b>Cuaternario (&lt;1.8 Ma)</b> Asociada a avalanchas de rocas (Strecker y Marrett 1999, Hermanns y Strecker 1999).	Falla Inversa Rumbo promedio NO-SE Inclinación SO	Marrett et al. 1994
2	Falla Gólgota	<b>Cuaternario (&lt;1.8 Ma)</b> Asociada a grandes movimientos en masa (Strecker y Marrett 1999, Hermanns y Strecker 1999).	Falla Inversa Rumbo promedio NE-SO Inclinación 30° - 45° SE	Marrett et al. 1994
3	Falla Agujas	<b>Cuaternario (&lt;1.8 Ma)</b>	Falla Inversa Rumbo promedio NO-SE Inclinación NE	Marrett et al. 1994
4	Falla Río Blanco	<b>Cuaternario (&lt;2.6 Ma)</b>	Falla Inversa Rumbo promedio NO-SE Inclinación SO	García, et al. 2011 García, et al. 2013
5	Grupo de fallas Carabajal	<b>Cuaternario (&lt;2.6Ma)</b> (a) <b>Holoceno (&lt;11ka)</b> (b) (c)	Falla Inversa Rumbo promedio NO-SE Inclinación NE Intervalo de recurrencia <1000 años Tasa de Movimiento <1mm/año	García, et al. 2013
6	Falla Manzano	<b>Cuaternario (&lt;2.6 Ma)</b>	Falla Inversa Rumbo promedio N-S Inclinación O	García, et al. 2011 García, et al. 2013
7	Anticlinal Vaqueros-Medeiros	<b>Cuaternario (&lt;2.6 Ma)</b>	Pliegue Anticlinal Inclinación promedio de los flancos <30°O y >60°E Intervalo de recurrencia <1000 años Tasa de Levantamiento <1mm/año	García, 2011 García, et al., 2011 García, et al., 2012 García, et al., 2013 González Bonorino y Abascal, 2012a González Bonorino y Abascal, 2012 b INPRES, 1994
8	Anticlinal Vaqueros-Medeiros	<b>Holoceno (&lt;11 ka)</b>	Anticlinal con eje buzante <30°S Inclinación promedio de los flancos <30°O y >60°E Intervalo de recurrencia <1000 años Tasa de Levantamiento <1mm/año	García, 2011 García, et al., 2011 García, et al., 2012 García, et al., 2013 Georgieff, y González Bonorino, 2005 González Bonorino y Abascal, 2012a González Bonorino y Abascal, 2012 b
9	Grupo de fallas Medeiros	<b>Holoceno (&lt;11 ka)</b>	Falla Inversa Rumbo promedio N-S Inclinación >60°E	García, et al., 2012 García, et al., 2013
10	Falla Chemical	<b>Cuaternario (&lt;2.6 Ma)</b>	Falla bloque hundido NO Rumbo promedio NE-SO	INPRES, 1994
11	Falla Mojotoro	<b>Holoceno (&lt;11 ka)</b> Sismos someros de M > 4.5 han sido registrados sobre esta estructura (García et al. 2013). Esta falla podría ser la responsable del terremoto de Talavera de Esteco de 1692. García et al. (2013) (Ficha AR-0351 en Casa, et al 2014).	Falla Inversa Rumbo promedio N-S. Inclinación O Intervalo de recurrencia >5000 años Tasa de Movimiento <1mm/año	García, et al., 2013 González Bonorino y Abascal, González Bonorino y Abascal, 2012 b Hain, et al., 2011
12	Falla Los Alisos	<b>Cuaternario (&lt;1.8 Ma)</b>	Falla bloque hundido O Rumbo promedio N-S	Chayle, y Perez , 1994 Chayle y Chalabe, 1990
13	Falla Pie de la Sierra del Gallo	<b>Cuaternario (&lt;2.6 Ma)</b> Asociada a sismos históricos destructivos: 25-08-1948 (IX) y 05-12-1873 (VIII).	Falla bloque hundido O / N / NO Rumbo promedio N-S / E-O / NE-SO	INPRES, 1994
14	Grupo de fallas y Anticlinal de la Sierra de Zapla	Remoción en masa (Chayle y Pérez, 1994)	Fallas inversas, Rumbo promedio N-S; Inclinación E y O. Pliegue anticlinal, inclinación promedio de los flancos < 30°O y >60°E	Cahill, et al, 1992



**Figura 1.** Mapa de unidades litológicas con la ubicación de las estructuras con evidencias de actividad cuaternaria. Los números de las trazas corresponden a la Tabla 1. Las unidades litológicas son: I.a. Suelos arenosos y areno gravosos; I.b.1. Suelos francos; I.b.2. Suelos franco arcillosos; I.b.3. Suelos franco limo gravosos; I.b.4. Suelos franco arenosos; I.b.5. Sedimentos glaciares; II.a. Macizo rocoso con matriz rocosa blanda; II.b. Macizo rocoso fracturado con matriz rocosa resistente de clase media con intercalaciones de niveles blandos; II.c. Macizo rocoso fracturado con matriz rocosa resistente de clase alta a media; II.d. Macizo rocoso blando conglomerádico; III. Macizo rocoso fracturado con matriz rocosa resistente; IV. Macizo rocoso muy fracturado y replegado con zonas brechificadas.

En la región de la Hoja Salta se registran solo tres terremotos destructivos; el más antiguo corresponde a la ciudad de Salta ocurrido el 18 de octubre de 1844 a 30 km de profundidad con intensidad máxima estimada de VII grados en la escala Mercalli modificada y tuvo una magnitud  $M=6.5$  grados en la escala de Richter (INPRES; INPRES, 1994). El terremoto afectó a varias poblaciones de la provincia de Salta y a la ciudad capital, con grandes deterioros en las construcciones y algunas víctimas.

Otro sismo histórico corresponde al 25 de agosto de 1948 cuando un terremoto ocasionó daños y gran alarma en el departamento Anta en la provincia de Salta y en varias localidades del este y sureste de las provincias de Salta y Jujuy. Hubo dos muertos y una veintena de heridos; el hipocentro se estimó a 50 km de profundidad con intensidad máxima estimada de IX grados en la escala Mercalli modificada y tuvo una magnitud  $M_s=7.0$  grados en la escala de Richter (INPRES; INPRES, 1994). También afectó a las ciudades capitales de ambas provincias.

Luego, el 19 de noviembre de 1973 con hipocentro a 12 km de profundidad se origina un terremoto de intensidad máxima estimada en VII grados en la escala Mercalli modificada y una magnitud  $M_b=5.9$  grados en la escala de Richter (INPRES; INPRES, 1994). Produjo daños en varias localidades del este de las provincias de Salta y Jujuy, especialmente en Santa Clara.

Además hubo varios terremotos destructivos que ocurrieron fuera de la región correspondiente a la Hoja Salta que afectaron en diferentes grados a las poblaciones de la época, especialmente a las ciudades de Salta y Jujuy. El más antiguo registrado como terremoto destructivo corresponde a la localidad de Talavera del Esteco en 1692. La intensidad máxima estimada alcanzó los IX grados en la escala Mercalli modificada y tuvo una magnitud  $M=7.0$  grados en la escala de Richter (INPRES; INPRES, 1994). Posteriormente en 1849 en el mismo pueblo produjo daños de consideración, y daños menores en la ciudad de Salta. El 14 de enero de 1863, al norte de la Hoja, se origina un movimiento sísmico de excepcional intensidad y duración que produjo daños

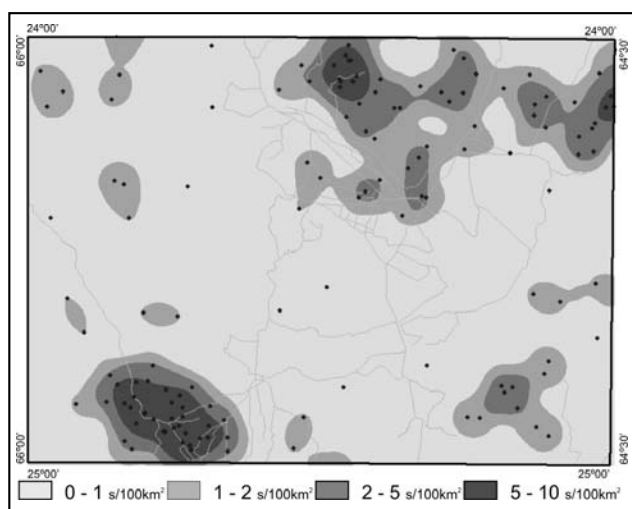


en la catedral, el cabildo y en casas de primitiva construcción de San Salvador de Jujuy. La intensidad máxima estimada alcanzó los VIII grados en la escala Mercalli modificada y tuvo una magnitud  $M=6,4$  grados en la escala de Richter (INPRES).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el análisis de la sismicidad de la Hoja de Peligrosidad Geológica Salta (en preparación) se contó con los datos obtenidos en la página web del INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sísmica), que para la zona de estudio presenta información desde 1998. El corte se realizó en agosto de 2014.

La primera evaluación se realizó con 130 sismos sucedidos en la provincia de Salta y 104 sismos en la provincia de Jujuy y que abarcan los alrededores del área de estudio, para obtener una mejor representación de los cálculos realizados.



**Figura 2.** Zonificación de densidades de epicentros de los sismos registrados por el INPRES entre 1994 y 2014. Los puntos indican los epicentros.

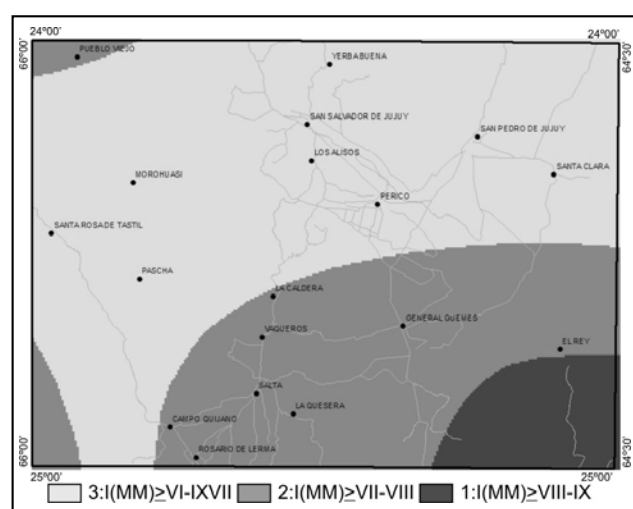
Las profundidades de los epicentros se analizaron con el comando Interpolation de Spatial Analyst Tools, utilizando el método IDW (distancia inversa ponderada) (Figura 4). Se zonificaron según los rangos frecuentemente utilizados por el INPRES (entre 0 y 70 km; 70 y 450 km), La interpolación, mediante la distancia inversa ponderada, determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de la muestra. La ponderación es una función de la distancia inversa.

De esta manera, se realizó un recorte de estos análisis con el marco de la hoja y luego se clasificaron los resultados, obteniendo 4 zonas para la densidad, 3 zonas para la intensidad y las 2 zonas que corresponden con los 3 rangos de profundidades (Tabla 2).

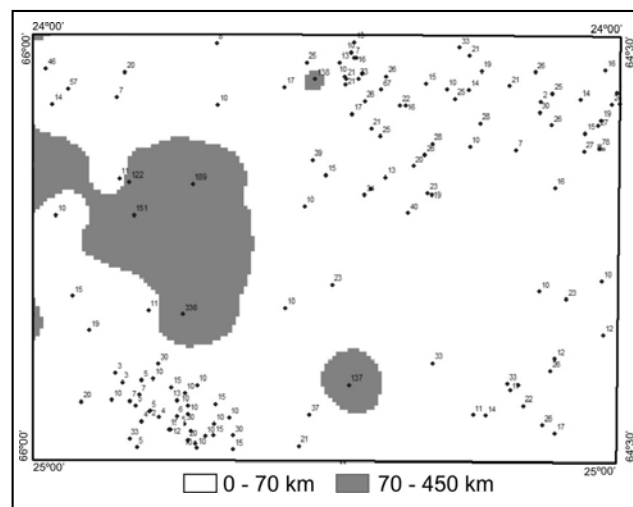
Finalmente, se obtuvo un esquema de la sismicidad como resultado de la sumatoria de los tres esquemas anteriores (Figura 5, Tabla 3). A esta representación se le superpuso el trazado de las fallas con alguna evidencia de actividad cuaternaria, para asociarlas con los eventos registrados. Estas estructuras fueron tomadas de la base de datos de Neotectónica del SEGEMAR (Casa et al., 2014), y de trabajos como los de Cahill et al. (1992), García et al. (2011a y 2011b).

El análisis de densidad sísmica se realizó con el comando Density de Spatial Analyst de la versión 9.3 de ARCGIS, utilizando el método Kernel (Silverman, 1986), el cual calcula la densidad de las entidades de punto de alrededor de cada celda ráster de salida (Figura 2).

Para la zonificación de los valores de las intensidades de los sismos se recortó el área del mapa de distribución de intensidades máximas (MM) producidas por los terremotos históricos en las provincias de Salta y Jujuy, realizado por el INPRES (1994) (Figura 3). La sección de estudio abarca intensidades entre VI y IX (Escala de Mercalli Modificada). La cuantificación (Valor del factor de sismicidad) de cada una de estas zonas se realizó teniendo en cuenta la propuesta de Mora y Vahrsón (1992), al considerarlos como factor de disparo sísmico de los movimientos en masa.



**Figura 3.** Distribución de las intensidades máximas producidas por terremotos históricos extraído de INPRES (1994). 1: Elevado; 2: Medio; 3: Moderado.



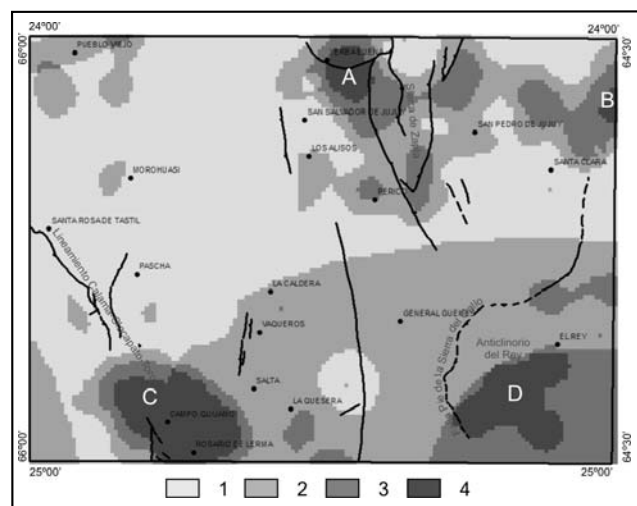
**Figura 4.** Zonificación de profundidades de los hipocentros. Gran parte del área presenta profundidades superficiales (<70 km).

**Tabla 2. Valores utilizados en cada una de las variables consideradas para el cálculo de susceptibilidad sísmica. La valoración de la intensidad (\*) fue extractada del factor de sismicidad (Mora y Vahrson, 1992), dentro de los rangos de la zona de estudio.**

ZONACIÓN DE DENSIDADES		ZONACIÓN DE INTENSIDADES			ZONIFICACIÓN DE PROFUNDIDAD	
DENSIDAD (s/100km <sup>2</sup> )	Valor	INTENSIDAD (MM)	Valor (*)		PROFUNDIDAD (km)	Valor
0 - 1	1	IX	Fuerte	7	0 - 70	3
1 - 2	2	VIII	Elevado	6	70 - 450	2
2 - 5	3	VII	Medio	5	>450	1
5 - 10	4	VI	Moderado	4	—	—

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el área de estudio, con la metodología de cartografía propuesta, coincidieron con las características estructurales y sísmicas de la región, por lo que resultó de utilidad para el posterior análisis de zonación se la considera como la susceptibilidad de la región a que ocurran movimientos sísmicos. La mayor susceptibilidad se observa en cuatro áreas de la Carta (Figura 5).



**Figura 5. Zonificación de la sismicidad y las estructuras con evidencias de actividad cuaternaria.**

El área A corresponde a las fallas que limitan la Sierra de Zapla donde se registraron fuerzas horizontales de dirección E-O entre los 20 y 25 km de profundidad (Cabill *et al.*, 1992). El sismo histórico de 08/12/1970 (I(MM)=II-III; 4,8) pertenece a esta área.

El área B se relacionaría a las estructuras del Sistema de Santa Bárbara y está asociada al último evento ocurrido pocos kilómetros al este del límite de la Hoja el 06/10/11 con I(MM)=VI.

El área C estaría asociada a la actividad de las Fallas Manzano, Río Blanco y el Grupo de fallas Carabajal, correspondiente al Valle de Lerma. En esta zona en 27/02/10 se sintió un fuerte sismo en la región de Campo Quijano que produjo varios daños estructurales (I(MM)=VI). Este fue consecuencia del movimiento cortical inverso de componente lateral izquierdo sobre una rampa de rumbo ONO e inclinación SO que podría estar controlada por el lineamiento de Calama-Olapato-Toro (García *et al.*, 2011).

El área D correspondería a la Falla Pie de la Sierra del Gallo (INPRES, 1994) conjuntamente al anticlinorio del Rey y las fallas asociadas. Coincide con los epicentros de los sismos históricos de 1844 y 1948 de intensidad VII y IX respectivamente.

Además de la neotectónica reconocida, fundamentalmente en los valles de Jujuy, Güemes, Lerma y San Francisco, se identificaron varios sistemas de fallamiento en las zonas montañosas; algunas en las cercanías de zonas urbanas, tales como en la región de la ciudad de Salta, San Salvador de Jujuy, Palpalá, entre otras. Esto nos permite ver que centros urbanos, como los mencionados anteriormente, se encuentran ubicados en áreas muy próximas o sobre fallas geológicas. Habría que determinar si son activas o no para una planificación territorial.

**Tabla 3. Niveles de susceptibilidad a los eventos sísmicos o sismicidad considerando la localización, intensidad y profundidad de los mismos.**

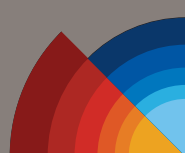
Descripción	Nivel de susceptibilidad
Área con por lo menos 1 sismo cada 100 km <sup>2</sup> de profundidad intermedia e intensidad moderada ó, superficiales con intensidad media.	1
Área con 1 a 2 sismos superficiales cada 100 km <sup>2</sup> con intensidad media ó moderada.	2
Área con 2 a 5 sismos superficiales cada 100 km <sup>2</sup> de intensidad media y elevada.	3
Área con 5 a 10 sismos superficiales cada 100 km <sup>2</sup> con intensidad media ó elevada.	4



## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- CAHILL, T., ISACKS, B. L., WHITMAN, D., CHATELAIN, J. L., PÉREZ, A., CHIU, J. M., 1992.  
Sismicity and tectonics in province, northwestern Argentina.  
*Tectonics* 11 (5): 944-959.
- CASA, A., YAMIN, M., WRIGHT, E., COSTA, C., COPPOLECCHIA, M., CEGARRA, M., HONGN, F. (EDS.), 2014.  
Deformaciones Cuaternarias de la República Argentina, Sistema de Información Geográfica.  
*Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, v2.0 en formato DVD.*
- CHAYLE, W. Y PEREZ, A. 1994.  
Remoción en masa y neotectónica en el área de San Salvador de Jujuy.  
*7º Congreso Geológico Chileno Actas I: 609-612.*
- CHAYLE, W. Y CHALABE, S., 1990.  
Neotectónica del área San Salvador de Jujuy - Argentina.  
*11º Congreso Geológico Argentino, San Juan 2: 417-420.*
- COLOMBI, A., DI FILIPPO, M., PERGALANI, E., TORO, B. Y VIRAMONTE, J. G., 2002.  
Mapa de riesgo sísmico de la ciudad de Salta (Argentina) a partir de la respuesta a la amplificación sísmica local con el método "shake": Resultados finales.  
*15º Congreso Geológico Argentino. Artículo en CD.*
- GARCÍA, V.H., 2011.  
Evolución neotectónica de las lomas de Medeiros, valle de Lerma, Cordillera Oriental, Argentina.  
*XVIII Congreso Geológico Argentino, Actas en CD, Neuquén.*
- GARCÍA, V. H., SIPAGNOTTO, S., Y HONGN, F., 2011a.  
El sismo de Salta del 27 de Febrero de 2010, Magnitud, localización, mecanismo focal, réplicas y fuente sismogénica.  
CD. S12: Tectónica Andina.  
*18º Congreso Geológico Argentino. Calafate.*
- GARCÍA, V. H., YAGUPSKY, D. L., WINOCUR, D., HONGN, F., Y CRISTALLINI, E. O., 2011b.  
Tectónica cuaternaria del valle de Lerma, Cordillera Oriental, Argentina. CD. S12 Tectónica Andina.  
*18º Congreso Geológico Argentino. Calafate.*
- GARCÍA, V.H., HONGN, F., GATICA, S.N., VERA, D.R., PARADA, M.N., 2012.  
Morphostructural evolution of the Medeiros hills, Lerma valley, Cordillera Oriental, Northwestern Argentina.  
*13º Congreso Geológico Chileno, Actas. Sociedad Geológica Chilena, Antofagasta Chile.*
- GARCÍA, V. H., HONGN, F., CRISTALLINI, E. O., 2013.  
Late Miocene to recent morphotectonic evolution and potential seismic hazard of the northern Lerma valley: Clues from Lomas de Medeiros. NW Argentina.  
*Tectonophysics* 608: 1238-1253.
- GONZÁLEZ BONORINO, G., DEL VALLE ABASCAL, L., 2012a.  
Orogénesis y drenaje en la región del valle de Lerma (Cordillera Oriental, Salta, Argentina) durante el Pleistoceno tardío.  
*Revista de Argentina* 69 (1), 127-141.
- GONZÁLEZ BONORINO, G., DEL ABASCAL, L., 2012b.  
Drainage and base-level adjustments during evolution of late Pleistocene piggyback basin, Eastern Cordillera, Central Andes of northwestern .  
*Bulletin of the Geological Society of* 124 (11/12), 1858-1870. <http://dx.doi.org/10.1130/B30395.1>.
- HAIN, M.P., STRECKER, M.R., BOOKHAGEN, B., ALONSO, R.N., PINGEL, H., SCHMITT, A.K., 2011.  
Neogene to Quaternary broken foreland formation and sedimentation dynamics in the Andes of NW Argentina (25°S).  
*Tectonics* 30, TC2006. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1029/2010TC002703>.
- INPRES.  
Listado de terremotos históricos,  
*catálogo on-line. www.inpres.gov.ar*
- INPRES, 1994.  
Sismicidad y riesgo sísmico en la provincia de Salta.  
*Informe Inédito. Figura 4.*
- MARRET, R. A., ALLMENDINGER, R. W., ALONSO, R. N., Y DRAKE, R. E., 1994.  
Late Cenozoic tectonic evolution of the Puna Plateau and adjacent foreland, northwestern Argentine Andes:  
*Journal of South American Earth Sciences*, 7: 179-208.
- MON, R., 2001.  
Estructuras curvadas y levantamientos verticales en la Cordillera Oriental (provincias de Salta y Tucumán).  
*RAGA* 56(3):367-376

- MORA CASTRO, S. Y VAHRSON, W. G., 1992.  
Determinación "a priori" de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos.  
*Primer Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el estudio de Riesgos Naturales. Tema 2: Las aplicaciones de los SIG en la cartografía de amenazas naturales. Memorias:259-273, Bogotá. Colombia.*
- RAMOS, V., 1999.  
Los depósitos sinorogénicos terciarios de la región andina.  
*Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR. Anales 29: 651-682.*
- SALFITY, J. A. Y MARQUILLAS, R. A., 1999.  
La cuenca cretácico – terciaria del Norte argentino. *Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR. Anales 29:613-626.*
- SEGEMAR (1996)  
Normativa para la Cartografía Línea Base de Peligrosidad Geológica de la escala 1:250.000.  
*Proyecto PASMA. 64pp, Buenos Aires.*
- SILVERMAN, B. W., 1986.  
Density Estimation for Statistics and Data Analysis.  
*New York: Chapman and Hall.*



# ASAGAI

ASOCIACIÓN ARGENTINA  
DE GEOLOGÍA APLICADA  
A LA INGENIERÍA

Análisis geotécnico sobre muestras de arcillas provenientes de los alrededores de la “Tambería de Guandacol” (prov. La Rioja), como posible fuente de aprovisionamiento de arcillas en la producción cerámica de los pueblos originarios

*Martinez, Amancay - Sales, Daniel A.*

Relación entre caudales y precipitación en algunas cuencas de la Patagonia norte

*Romero, Paula Elisa - González, Marcela Hebe*

Cartografía de riesgo de inundación y la representación de la vulnerabilidad en gran La Plata, Buenos Aires

*Lic. Schomwandt, David - Esp. Lic. Lucioni, Nora - Dra. Andrade, María Isabel*

Proposta de ordenamento territorial da bacia hidrográfica do Rio das Pedras (sp), na escala 1:50.000: potencial à escavabilidade dos maciços de solos

*Galiano, Valdir Aparecido - Lorandi, Reinaldo - de Lollo, José Augusto*

Salinización incipiente de un arroyo de alta montaña en los Andes de Patagonia (Argentina)

*Pizzolon, Lino - Omad, Guillermo - Weidl, Mariana - Claverie, Horacio*

Propuesta de análisis de la sismicidad a escala 1:250.000. Caso: Hoja Salta

*Gonzalez, M. A. - Chayle, W.*

Evaluación de la susceptibilidad de riesgos geológicos debidos a procesos de remoción en masa en el área pedemontana de la quebrada y dique Los Sauces (La Rioja, Argentina)

*Avila, Laura Sonia del C.*

Agregados reciclados pretratados para uso en hormigón

*Priano, Carla - Señas, Lilia - Moro, Juan - Marfil, Silvina*

Reseña de Libros. Experiencia Portuguesa en Obras Subterráneas

*Sarra Pistone, Raúl*

Portada: Playa del Camping Americano en Monte Hermoso. Provincia de Buenos Aires. *Fotografía Jorge Caló, Ricardo Caputo, Claudina Di Martino y Angel Marcos.*

**Revista de Geología  
Aplicada a la Ingeniería  
y al Ambiente**

