



Uso de datos sismológicos y geológicos con MOVE™ para la generación de un modelo de deformación cortical de la Sierra de Valle Fértil, Sierras Pampeanas Occidentales, Argentina

G. Ortiz^{1,2}, A. Venerdini^{1,2} y P. Alvarado^{1,2}

¹ Centro de Investigaciones de la Geósfera y la Biósfera (CIGEOBIO), Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, Meglioli 1160 Sur, Rivadavia (5406), San Juan, Argentina. gfortiz@unsj-cuim.edu.ar

² Departamento de Geofísica y Astronomía, FCFN, UNSJ.

Resumen

La región de las Sierras Pampeanas Occidentales en Argentina se caracteriza por la presencia de bloques elevados de basamento con una orientación preferencial norte-sur. Esto se atribuye a un estilo de deformación de piel gruesa que conllevó a la exhumación reciente de estos bloques pampeanos durante la Orogenia Andina. La región presenta además una alta tasa de actividad sísmica con ocurrencia de hipocentros en la corteza media (13 a 30 km de profundidad). En este trabajo se combinan datos sismológicos de subsuelo y geológicos de superficie en la plataforma MOVE™ lo que permite la correlación entre ambos tipos de datos, su visualización y confección de secciones estructurales perpendiculares a la elongación de la Sierra de Valle Fértil. Finalmente se ha elaborado un modelo cortical para la zona.

Palabras claves: modelo estructural, corteza, deformación cortical, líneas sísmicas, mecanismos focales.

Introducción

Las Sierras Pampeanas (SP) en el centro-oeste de Argentina yacen entre 28° y 33°S en correspondencia con una región donde la Placa de Nazca (Nz) subduce bajo Sudamérica (SAm) horizontalmente (Barazangi e Isacks, 1976). Grandes bloques de basamento se exponen a distancias que superan 700 km desde el borde de placas en subducción (Fig. 1); por ello se propone el mecanismo de subducción horizontal como responsable de conducir esfuerzos hacia el antepaís, y por consiguiente la deformación. Se ha postulado que la subducción de la dorsal asísmica de Juan Fernández (DJF), adosada a la placa Nz, es uno de los principales factores que produce su flotación y mayor acoplamiento entre SAm y Nz. La relación entre el momento de horizontalización de Nz y el registro de la exhumación orogénica en el antepaís fragmentado de SAm ha sido bien documentado por diversos estudios



geológicos estructurales, magmáticos, estratigráficos, tectónicos y termocronológicos (Kay y Mpodozis, 2002; Ramos y otros, 2002; Fosdick y otros, 2015; Ortiz y otros, 2015). En este contexto, la sierra de Valle Fértil (SVF) es una de las expresiones más orientales de las SP Occidentales. Su ubicación al este de la Precordillera ejercería un rol complejo en la interacción entre ambas unidades morfoestructurales que representaría también un límite entre terrenos acrecionados.

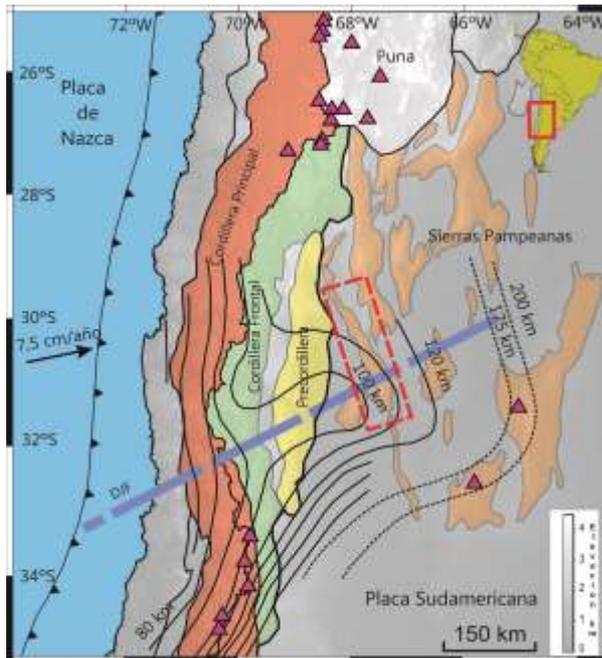


Figura 1. Unidades morfoestructurales en la región centro-oeste de Argentina. Los contornos sólidos denotan la zona de Wadati-Benioff (Anderson y otros, 2007). El área encerrada por la línea entrecortada roja corresponde a la sierra de Valle Fértil. Los triángulos corresponden a centros volcánicos Cenozoicos. La línea entrecortada azul se corresponde con la proyección de la Dorsal asísmica de Juan triásicas Ischigualasto y Marayes, relacionadas a éste podrían ser buenos candidatos para acomodar la deformación reciente (Aceñolaza y Toselli, 1988; Ramos y otros, 2002). Estudios de función del receptor en la región comprendida por la sierra de Pie de Palo (SPP) y SVF han determinado diferentes niveles de discontinuidad en velocidades sísmicas a ~13 y ~28 km y una corteza engrosada de ~50 km, que varía de O a E hacia espesores < ~47km hacia el este de la SVF (Alvarado y otros, 2009; Gans y otros, 2011; Ammirati y otros, 2015; Gallardo, 2011).

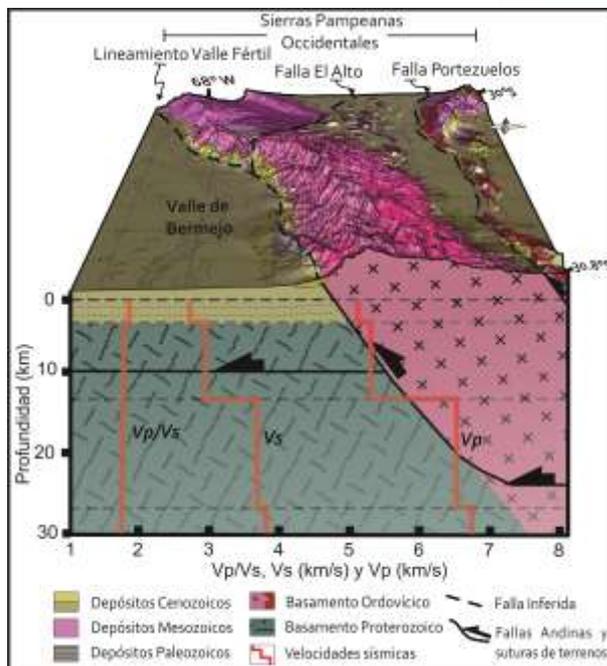


Cabe destacar que la generación de estos modelos de deformación de alta precisión es el resultado de integrar datos geofísicos altamente refinados con observaciones geológicas detalladas.

Metodología

El modelo de deformación cortical presentado en este trabajo se obtuvo utilizando el software MOVE™. Este software permite realizar un modelado de la estructura a escala cortical en una plataforma que integra distintos tipos de datos geofísicos y geológicos.

La primera etapa en la construcción del modelo de deformación cortical, consistió en cargar un modelo de elevación digital del terreno (DEM, por sus siglas en inglés)



sismicidad fue detectada por la red sísmica

Figura 2. Corte transversal alrededor de los 30.8°S mostrando el modelo de deformación cortical con superposición del modelo cortical de velocidades sísmicas (Venerdini y otros, 2016) bajo la sierra de Valle Fértil y el valle de Bermejo, hasta una profundidad de 30 km.

para la zona de estudio. Posteriormente se apilaron imágenes satelitales, hojas geológicas y resultados de estudios específicos en la zona realizando una correcta interpretación de las estructuras que afectan a la SVF en una vista tridimensional. Finalmente se cargaron datos sísmicos de modelos de corteza, hipocentros y mecanismos focales los que ayudaron a determinar niveles de transición de fragilidad-ductilidad. Un total de 514 sísmos locales de magnitudes $0,8 < ML < 4,8$ ocurridos entre 1996 y 2014 cuyas localizaciones han sido mejoradas en profundidad fueron cargadas en el modelado; esta sismicidad permanente del Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) de Argentina. También se incorporó la estructura de velocidades sísmicas de ondas P y S obtenidas por Venerdini y otros (2016). Finalmente se cargaron líneas sísmicas obtenidas por YPF en los años 1970



en tiempo para correlacionar la disposición de algunas estructuras en profundidad bajo el valle de Bermejo (Fig. 2).

Resultados y discusión

El modelo de corteza utilizado de Venerdini y otros (2016) presenta discontinuidades en las velocidades sísmicas intracorticales a 3 km, 13 km, 27 km y 36 km de profundidad para una región que comprende a la SPP y SVF (Fig. 2). Una discontinuidad sísmica con mayor contraste a 47 km de prof. se asocia a la discontinuidad de Mohorovičić entre corteza-manto.

En base al modelo de velocidades sísmicas utilizado y los datos geológicos, se observa que la discontinuidad que predice el modelo geofísico alrededor de ~3 km se corresponde con los depósitos Cenozoicos acumulados en el valle de Bermejo. La discontinuidad a ~13 km de profundidad se correlaciona con la zona de despegue de Precordillera Oriental, que continúa también bajo el valle de Bermejo. La discontinuidad observada a ~27 km de profundidad por Venerdini y otros (2016) podría relacionarse con una zona de despegue del lineamiento Valle Fértil (Fig. 2).

Conclusiones

El modelo de deformación ensayado a partir de la información geológica y geofísica en la plataforma MOVE™ muestra a la sierra de Valle Fértil limitada en su borde occidental por el lineamiento Valle Fértil. Este lineamiento presenta un buzamiento de alto ángulo hacia el este, que horizontaliza a una profundidad de ~27 km. La sismicidad moderna muestra que este lineamiento es activo con una mayor ocurrencia de sismicidad a nivel medio de corteza. Otras estructuras bien caracterizadas en superficie que comparten al sistema de fallamiento inverso de Valle Fértil, también muestran actividad sísmica en profundidad.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Los autores desean agradecer a Midland Valley Exploration LTD por el acceso gratuito al software MOVE™. Los autores también agradecen al Instituto Nacional de Prevención Sísmica por la disposición de su base de datos.

Referencias

Aceñolaza, G. y A. Toselli. 1988. El Sistema de Famatina, Argentina: su interpretación como orógeno de margen continental activo. In: V Chilean Geological Congress. 1: 55-67.



- Alvarado, P., M. Pardo, H. Gilbert, S. Miranda, M. Anderson, M. Saez and S. Beck. 2009. Flat-slab subduction and crustal models for the seismically active Sierras Pampeanas region of Argentina, in *Backbone of the Americas: Shallow Subduction, Plateau Uplift, and Ridge and Terrane Collision*, Geol. Soc. Am. Memoirs. 204: 261–278, Geological Society of America, Boulder, CO.
- Ammirati, J.B., P. Alvarado and S. Beck. 2015. A lithospheric velocity model for the flat slab region of Argentina from joint inversion of Rayleigh wave phase velocity dispersion and teleseismic receiver functions: *Geophysical Journal International*. 202: 224-241.
- Anderson, M., P. Alvarado, G. Zandt and S. Beck. 2007. Geometry and brittle deformation of the subducting Nazca Plate, Central Chile and Argentina, *Geophys. J. Int.* 171: 419–434.
- Barazangi, M. and B.L. Isacks. 1976. Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America. *Geology*. 4: 686 - 692.
- Fosdick, J.C., B. Carrapa and G. Ortiz. 2015. Faulting and erosion in the Argentine Precordillera during changes in subduction regime: Reconciling bedrock cooling and detrital records. *Earth and Planetary Science Letters*. 432: 73-83.
- Gallardo, G. 2011. Determinación de la estructura de velocidades sísmicas a partir de la función del receptor en el flanco oriental de la sierra de Valle Fértil-La Huerta. Tesis de Licenciatura en Geofísica, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan. p. 87.
- Gans, C., S. Beck, G. Zandt, H. Gilbert, P. Alvarado, M. Anderson and L. Linkimer. 2011. Continental and oceanic crustal structure of the Pampean flat slab region, western Argentina, using receiver function analysis: new high-resolution results. *Geophysical Journal International*. 186: 45–58.
- González Bonorino, F. 1950. Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas. *Revista Asociación Geológica Argentina*. 5(3): 81-110.
- Introcaso, A., M.C. Pacino y H. Fraga. 1992. Gravity, isostasy and Andean crustal shortening between latitudes 30° and 35°S, *Tectonophysics*. 205: 31–48.



-
- Jordan, T and R. Allmendinger. 1986. The Sierras Pampeanas of Argentina: a modern analogue of Laramide deformation. *Am.J.Sci.* 286: 737-764.
- Kay, S.M. and C. Mpodozis. 2002. Magmatism as a probe to the Neogeneshallowing of the Nazca plate beneath the modern Chilean flat-slab, *J. South Am. Earth Sci.* 15: 39–57.
- Ortiz G., P. Alvarado, J.C. Fosdick, L. Perucca, M. Saez and A. Venerdini. 2015. Active deformation in the northern Sierra de Valle Fértil, Sierras Pampeanas, Argentina, *Journal of South American Earth Sciences.* 64 (2): 339-350.
- Ramos, V., E. Cristallini and D. Pérez. 2002. The Pampean flat-slab of the Central Andes: *Journal of South American Earth Sciences.* 15: 59–78.
- Rosello, E. y M. Mozetic. 1999. Caracterización estructural y significado geotectónico de los depocentros cretácicos continentales del centro-oeste Argentino. In: 5° Simposio sobre o Cretáceo do Brasil, Serra Negra. *Boletín*, 107-113.
- Venerdini, A., G. Sánchez, P. Alvarado, I. Bilbao y J.B. Ammirati, 2016. Nuevas determinaciones de velocidades de ondas P y ondas S para la corteza sísmica del terreno Cuyania en el retroarco andino. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas.* 33 (1): 59-71.