

Montevideo, 24 de octubre del 2022

## Informe Preliminar de eventos sísmicos ocurridos en las cercanías de la represa Rincón del Bonete

Estación Paso de los Toros (UY. PDTT), Uruguay

**Código de informe: IX2022T09-10 Sismicidad Inducida  
Observatorio Geofísico del Uruguay**

*Leda Sánchez Bettucci\*, Oscar A. Castro Artola\*\*, Judith Loureiro Olivet\*\*\**

\*Observatorio Geofísico del Uruguay, Facultad de Ciencias

\*\*Observatorio Geofísico del Uruguay, Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático · Centro de Monitoreo Vulcanológico y Sismológico. México.

\*\*\*Observatorio Geofísico del Uruguay, Dirección Nacional de Minería y Geología, MIEM

### **Introducción**

A raíz de diversos reportes por parte de la población local (alrededores de la ciudad de Paso de los Toros) y ante la presencia de un par de eventos sísmicos se procedió a revisar los registros sismológicos del periodo septiembre-octubre del corriente año.

Como resultado del análisis se parametrizaron un total de seis sismos de magnitudes entre  $ML=1.4$  y  $2.0$ . Esta microsismicidad se encuentra localizada cercana a la represa Rincón del Bonete (ver Figura 1).

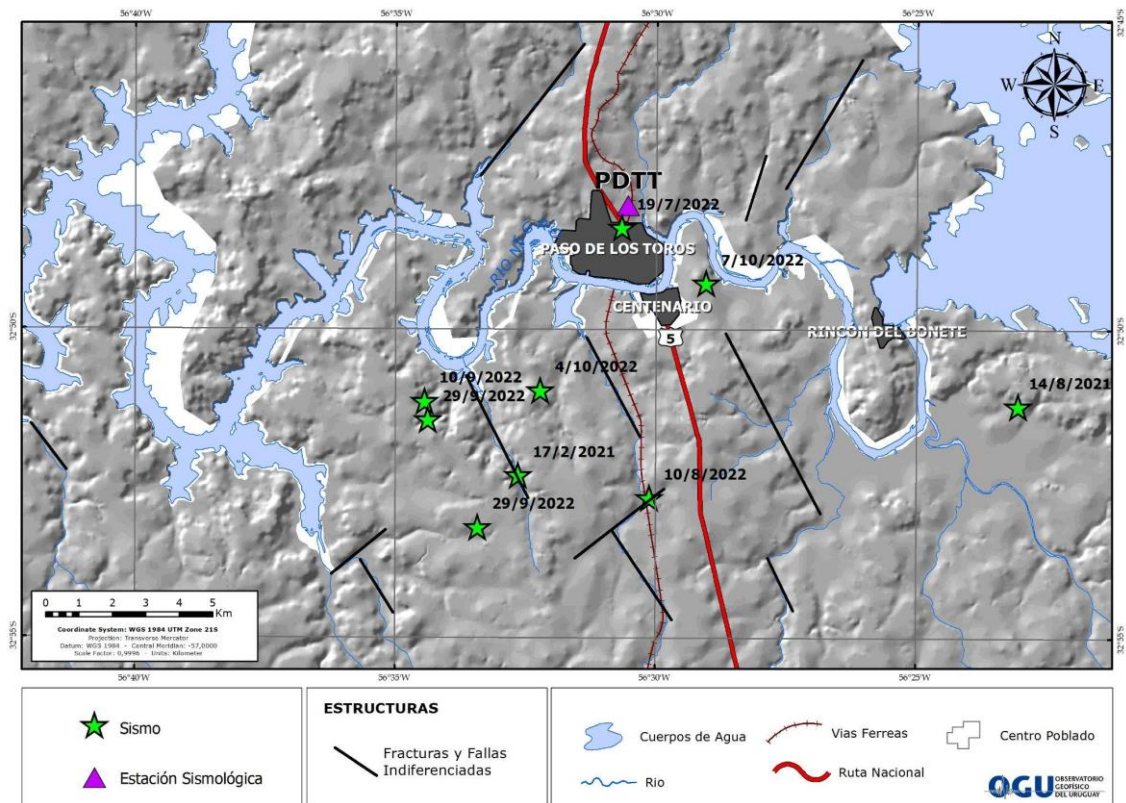


Figura 1. Mapa de localización de los eventos sísmicos en el área de Rincón del Bonete.

El origen de los sismos puede deberse a causas naturales o artificiales. Dentro de los sismos naturales, las causas pueden ser tectónicas, volcánicas o colapsos y desbarrancamiento de materiales.

En el caso de los sismos artificiales, estos corresponden a los producidos por la actividad humana (Rubinstein y Mahani, 2015) y pueden ser inducidos (explotación de fluidos, por ejemplo agua, inyección de fluidos, minería, represas, construcción de túneles, entre otros) o controlados (explosiones, ruido cultural, entre otros) (Gibowicz y Kijko, 1994; Husen et al., 2013; Simpson et al., 1988, 2018; Breede et al., 2013; Massé, 1981; Icold 2002).

Según nuestras observaciones preliminares, la sismicidad registrada en la estación PDTT (Paso de los Toros) podría estar vinculada a variaciones en la cota del embalse. Los mecanismos para la generación de la sismicidad inducida están vinculados en general al peso de la columna de agua y la presión de poros en profundidad que generan pequeños esfuerzos. Si el esfuerzo alcanza un determinado valor se produce la rotura de la roca principalmente en sus zonas más débiles (Simpson, 1986), como las fallas o fracturas pre-existentes, y es lo que provoca el sismo. En el caso de las represas, los esfuerzos a los que se somete la roca, están vinculados con el llenado/descarga de un embalse con millones de metros cúbicos de agua.

La sismicidad en las represas suele clasificarse (Simpson et al., 1988, 2018; Talwani, 1995, 1997, 2000; Gupta y Rastogi, 1976; Gupta, 1992, 2002) en inicial (después de unos años con una sismicidad generalizada en las afueras del lago); atrasada (varios años después del llenado, luego de un número de ciclos de variación anual); prolongada (que persiste durante muchos años con epicentros debajo del lago o áreas vecinas) y continua (en un lugar específico, año tras año o después de un intervalo de algunos años dependiendo del estado de tensión y del nivel de estímulo). Algunos embalses muestran solo una respuesta inicial, mientras que otros tienen un comportamiento mixto.

En general, sólo un pequeño porcentaje de embalses induce sismos y no se encuentran vinculados la sismicidad del contexto tectónico, es decir que un bajo nivel de sismicidad natural no implica menor riesgo de ocurrencia de sismicidad inducida, como así también el sismo máximo inducido, en general, no excede el sismo máximo esperable para la región.

En áreas vecinas, como Brasil, con quien compartimos rasgos geológicos, la sismicidad inducida (Franca et al., 2010; Gomide 1999) por embalses se ha venido estudiando desde principios de los años setenta. Barros et al. (2018) muestran que ca. 26 represas están vinculadas a la generación de eventos sísmicos. Así también, estos autores no encontraron una correlación entre la magnitud máxima de los eventos sísmicos y la altura de la represa o el volumen del embalse.

En nuestro caso, este es el primer estudio preliminar de sismicidad inducida por embalses.

Llamativamente, en un lapso de 45 días ocurrieron seis eventos sísmicos en los alrededores de la represa Rincón del Bonete (Figura 2). Si bien se trata de un período corto de tiempo analizado, se observa un cierto grado de periodicidad en la ocurrencia de los sismos.

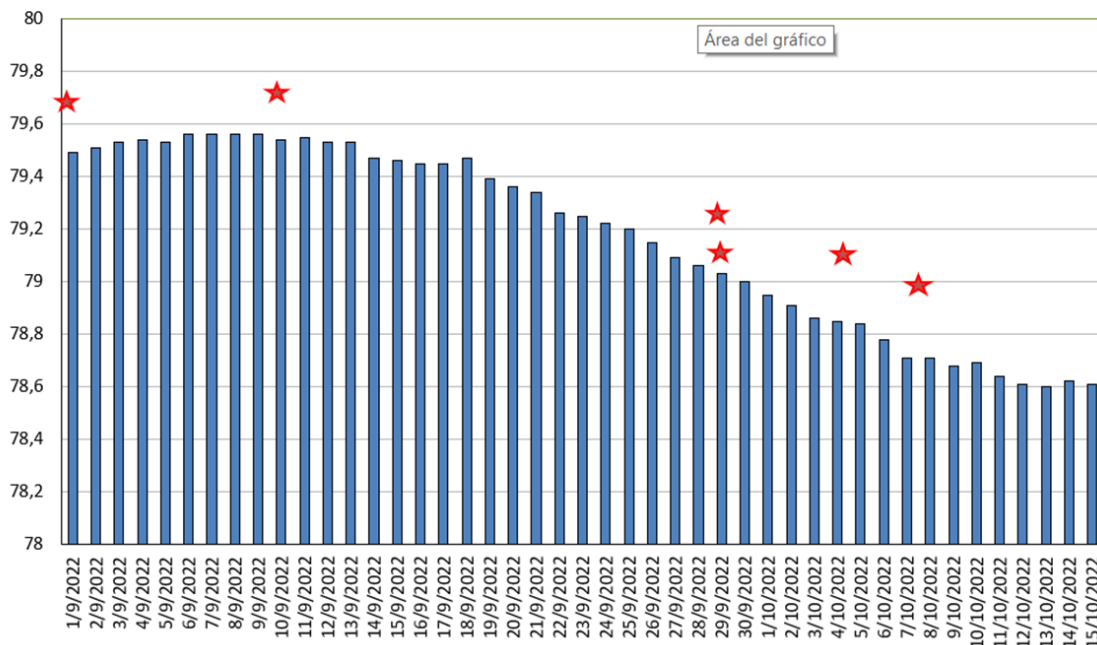


Figura 2. Distribución de la sismicidad a través del mes de septiembre y primera quincena de octubre.

Es importante destacar que no se conoce el historial de sismicidad de la zona debido a la falta de monitoreo. En particular, en el año 2018 fue instalado un sismómetro de periodo corto en el área, lo que podría permitir llegar a procesar los datos existentes y futuros para una mejor comprensión de la sismicidad inducida. Consideramos que esto es de suma importancia ya que si existiese una densidad importante de sismos, la posibilidad de que ocurrieran daños en la represa sería relativamente alta y las zonas aledañas podrían verse seriamente afectadas.

Aunque la sismicidad es baja, esto no implica que no puedan ocurrir eventos de magnitud mayor dado que el sismo máximo esperable para la región del Uruguay y del Plata es de ca. 6, según recientes estimaciones realizadas por Baxter et al., 2021.

Es por todo lo expuesto anteriormente que consideramos fundamental un monitoreo permanente en la zona, que implicaría incrementar la cantidad y calidad de los sismómetros y de personal abocado a esta tarea.

La sismicidad inducida es más habitual de lo que parece y puede producir daños materiales y medioambientales significativos, sobre todo por el desconocimiento sobre el riesgo que podrían llegar a representar.

## Referencias

BARROS, L. V., ASSUMPÇÃO, M., RIBOTTA, L. C., FERREIRA, V. M., DE CARVALHO, J. M., BOWEN, B. M., & ALBUQUERQUE, D. F. (2018). Reservoir-triggered seismicity in Brazil: Statistical characteristics in a midplate environment. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 108(5B), 3046-3061.

BAXTER, P., SÁNCHEZ BETTUCCI, L., & COSTA, C. H. (2021). Assessing the earthquake hazard around the Río de la Plata estuary (Argentina and Uruguay): Implications for risk assessment. *Journal of South American Earth Sciences*, 112, 103509.

BREEDER, K., DZEBISASHVILI, K., LIU, X., & FALCONE, G. (2013). A systematic review of enhanced (or engineered) geothermal systems: past, present and future. *Geothermal Energy*, 1(1), 1-27.

FRANÇA, G. S. et. al. 2010. Update of the reservoir induced seismicity of Brazil – 2008. 77th Annual Meeting of the ICOLD – Symposium on dams and reservoirs for multiple purposes. Brasília, DF

GOMIDE, L. C. 1999. Nature and history of reservoir induced seismicity in Brazil. Dissertação de Mestrado, Univ. South Carolina, USA

GIBOWICZ, S. J., & KIJKO, A. (2013). *An introduction to mining seismology*. Elsevier.

GUPTA, H. K. , RASTOGI, B. K. 1976. *Dams and Earthquakes*. Elsevier.

GUPTA, H. K. 1992. Reservoir-Induced earthquakes. *Developments in Geotechnical Engineering* no 64, Elsevier.

GUPTA, H. K. 2002. A review of recent studies of triggered earthquakes by artificial water reservoirs with special emphasis on earthquakes in Koyna, India. *Earth-Science Reviews* 58:279–310.

HUSEN, S., KISSLING, E., & VON DESCHWANDEN, A. (2012). Induced seismicity during the construction of the Gotthard Base Tunnel, Switzerland: hypocenter locations and source dimensions. *Journal of seismology*, 16(2), 195-213.

ICOLD 2002. Reservoir triggered seismicity - State of knowledge

MASSÉ, R. P. (1981). Review of seismic source models for underground nuclear explosions. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 71(4), 1249-1268.

RUBINSTEIN, J. L., & MAHANI, A. B. (2015). Myths and facts on wastewater injection, hydraulic fracturing, enhanced oil recovery, and induced seismicity. *Seismological Research Letters*, 86(4), 1060-1067.

SIMPSON, D. W., LEITH, W. S., & SCHOLZ, C. H. (1988). Two types of reservoir-induced seismicity. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 78(6), 2025-2040.

SIMPSON, D. W. (1986). Triggered earthquakes. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 14, 21.

SIMPSON, D. W., STACHNIK, J. C., & NEGMATOUILLAEV, S. K. (2018). Rate of change in lake level and its impact on reservoir triggered seismicity. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 108(5B), 2943-2954.

TALWANI, P. (1995). Speculation on the causes of continuing seismicity near Koyna reservoir, India. In *Induced Seismicity* (pp. 167-174). Birkhäuser Basel.

TALWANI, P. (1997). On the nature of reservoir-induced seismicity. *Pure and applied Geophysics*, 150(3), 473-492.

TALWANI, P. (2000). Seismogenic properties of the crust inferred from recent studies of reservoir-induced seismicity—Application to Koyna. *Current Science*, 1327-1333.