



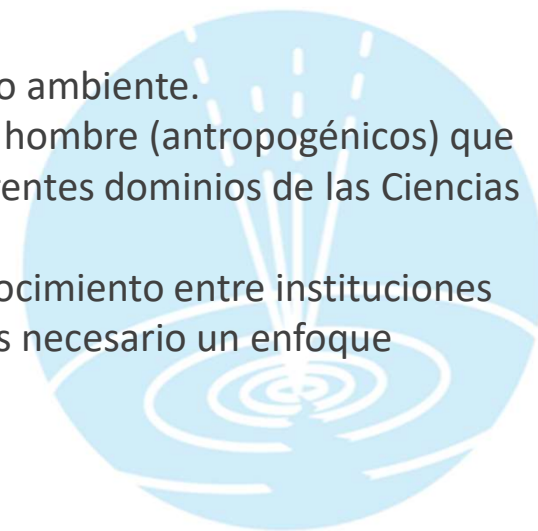
PELIGROS ANTROPOGÉNICOS

Diana Núñez Escribano

Universidad Complutense de Madrid - UCM

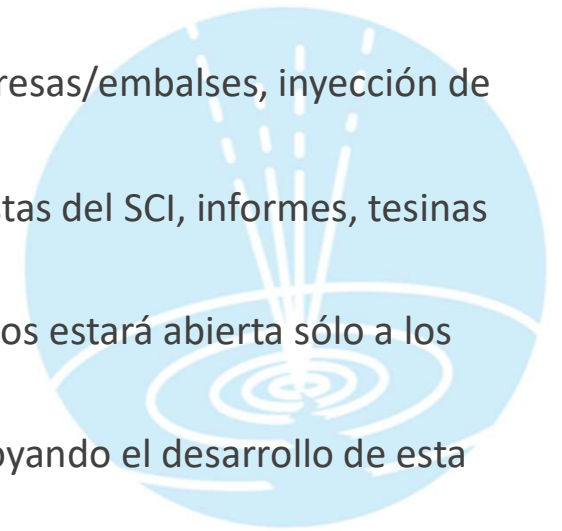
Peligros Antropogénicos:

- La explotación de geo-recursos conlleva importantes riesgos y cambios en el medio ambiente.
- La sismicidad y la deformación del suelo son algunos de los peligros inducidos por hombre (antropogénicos) que plantean amenazas a las personas, infraestructuras y su entorno e involucran diferentes dominios de las Ciencias de la Tierra sólida.
- El estudio de los peligros antropogénicos depende del intercambio de datos y conocimiento entre instituciones de investigación, industria, administración pública y público en general. Por ello, es necesario un enfoque interdisciplinario para abordar dicho estudio.



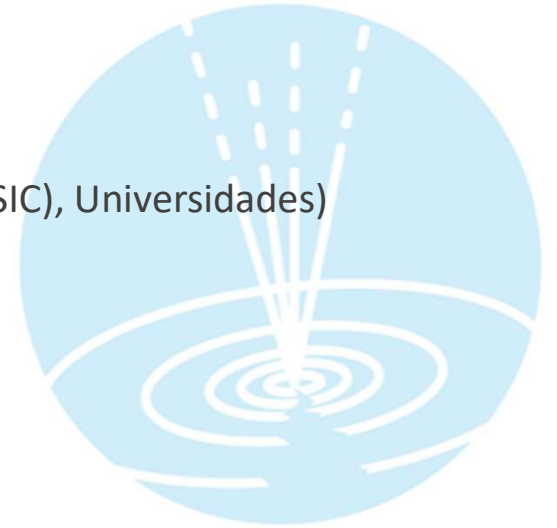
OBJETIVOS DE TCS-PELIGROS ANTROPOGÉNICOS:

- Elaboración de un catálogo de terremotos artificiales o inducidos en España por presas/embalses, inyección de gas o fluidos en corteza, minas, entre otros. y que están bien documentados.
- Recopilación de la documentación ya existente en forma de publicaciones en revistas del SCI, informes, tesinas y tesis, o información debidamente contrastada.
- Creación de una base de datos en la nube. En una primera etapa, esta base de datos estará abierta sólo a los investigadores de EPOS
- Asistencia y participación en las reuniones del WP14 de EPOS a nivel europeo, apoyando el desarrollo de esta infraestructura



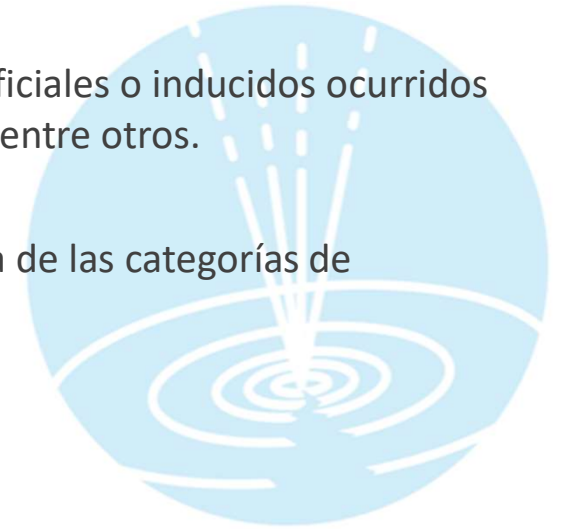
PARTICIPANTES:

- Universidad Complutense de Madrid
- Instituciones Públicas (Observatorio del Ebro, Geociencias Barcelona (GEO3BCN-CSIC), Universidades)
- Instituciones Gubernamentales (IGN, IGME, entre otros)
- Instituciones y organismos de carácter privado

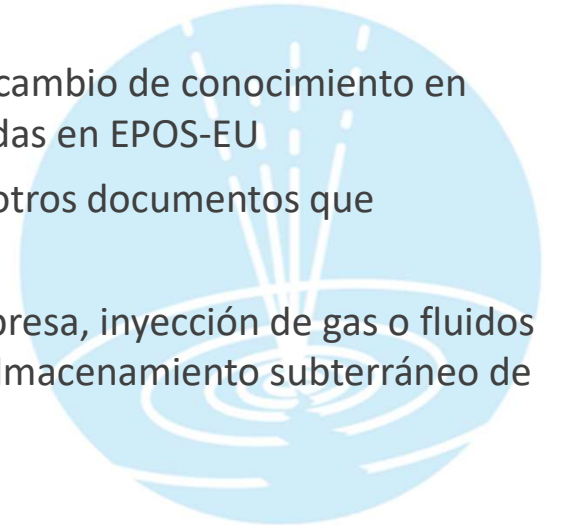


PROYECTOS E INICIATIVAS EN CURSO:

- Valoración de la información recopilada previamente en WP14 de terremotos artificiales o inducidos ocurridos en presas (Almedra 1972, Tous, 1999; Itoiz 2004), Inyección de gas (Cástor, 2013), entre otros.
- Recopilación de datos de investigadores nacionales que han participado en alguna de las categorías de actividades antropogénicas establecidas en EPOS-EU



HOJA DE RUTA PARA 2023:

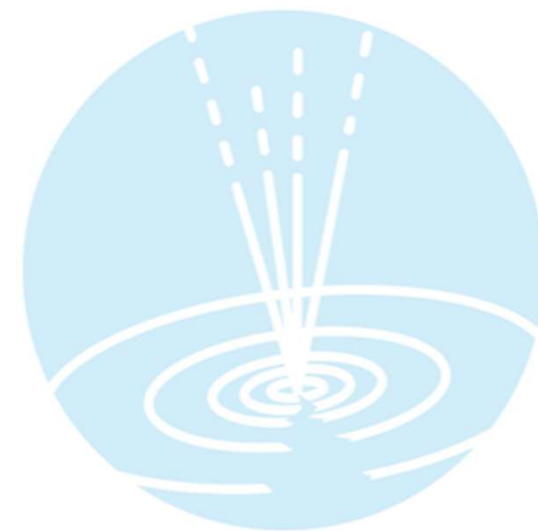
- Generar una red de colaboradores nacionales interesados en participar en el intercambio de conocimiento en materia de sismicidad inducida relacionada con las diferentes categorías establecidas en EPOS-EU
 - Recopilar documentación publicada en revistas del SCI, tesis y tesinas, informes y otros documentos que proporcionen información contrastada
 - Establecer un catálogo de sismicidad inducida en España clasificada por embalse/presa, inyección de gas o fluidos (aguas residuales), extracción convencional y no convencional de hidrocarburos, almacenamiento subterráneo de gas, etc.
- 

Reservoir Induced Seismicity



1960 El Cenajo
1962 El Grado
1965 Camarillas
1966 Canelles
1973 Camarillas
1972 Almendra
1999 Tous
2004 Itoiz

Seismic instrumentation
No seismic instrumentation



Earthquakes versus water level (Buform and Udias, 1979)

Earthquakes versus water level (Ruiz et al., 2006)

Presa Camarillas, 1962

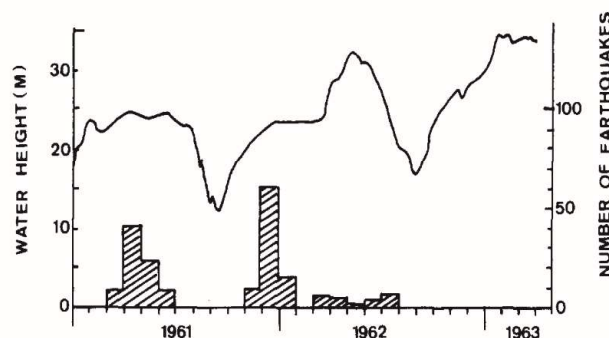


FIG. 3. Frequency of shocks felt and water heights versus time for the Camarillas Dam (García-Yagüe, 1973).

Presa Almendra, 1972

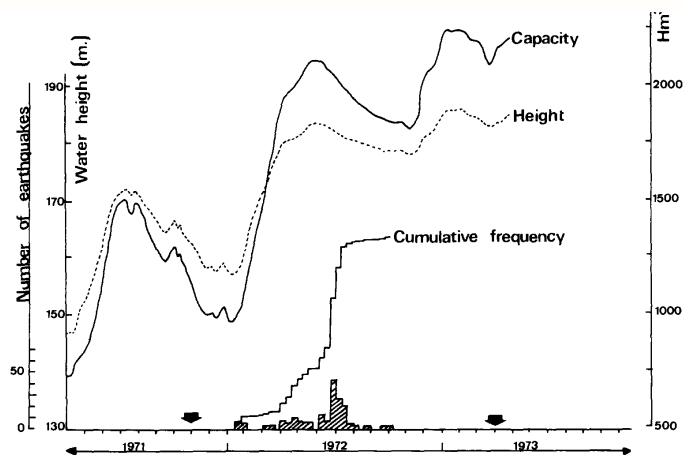


FIG. 2. Frequency of shocks and water heights versus time for the Almendra Dam. The arrows mark the time of operation of the seismic instrumentation.

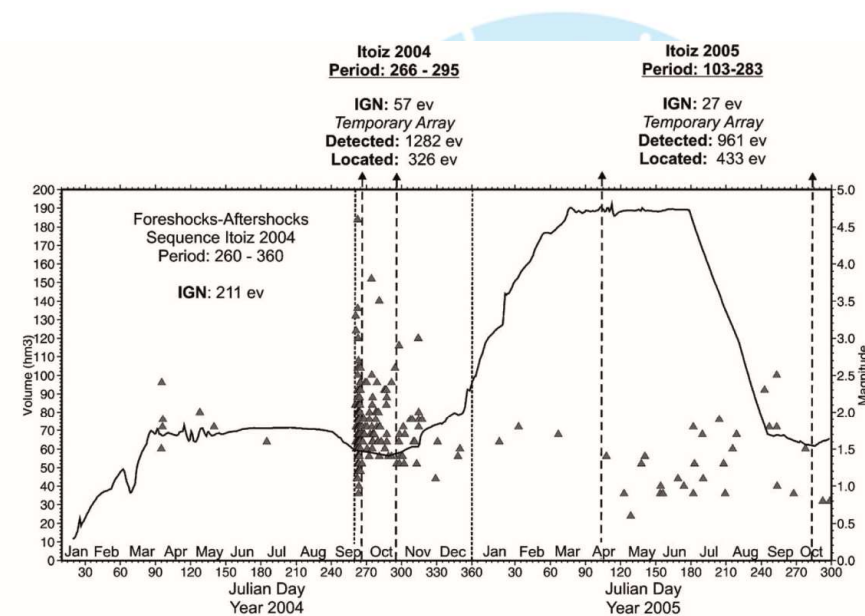
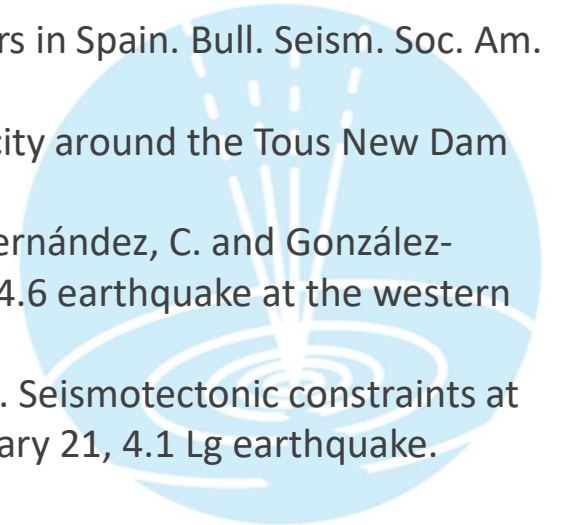


Fig. 10. Correlation of the water level (bold line) and the seismicity reported by the IGN service (triangles) in the area close to the reservoir concerning the September 2004 seismic crisis and the activity related to the 2005 scheduled engineering tests. The evolution of the water volume in time in front of the magnitude of the events occurred is shown. Number of events reported by the IGN permanent array and from our study is indicated for the different periods.

References (SCI):

- Bufo, E. and Udías, A. (1979). A note on induced seismicity in dams and reservoirs in Spain. Bull. Seism. Soc. Am. 69, 1629-1632
 - Torcal, F., Serrano, I., Havskov, J., Utrillas, J.L. and Valero, J. (2005) Induced seismicity around the Tous New Dam (Spain). Geophys. J. Int. 160, 144-160
 - Ruiz, M., Gaspà, O., Gallart, J., Díaz, J., Pulgar, J.A., García-Sansegundo, J., López-Fernández, C. and González-Cortina, J.M. (2006). Aftershocks series monitoring of the September 18, 2004 M=4.6 earthquake at the western Pyrenees: A case of reservoir-triggered seismicity?. Tectonophysics 424, 223–243
 - Ruiz, M., Díaz, J., Gallart, J., Pulgar, J.A., González-Cortina, M. and Lopez, C. (2006). Seismotectonic constraints at the western edge of the Pyrenees: aftershock series monitoring of the 2002 February 21, 4.1 Lg earthquake. Geophys. J. Int. 166, 238–252
- 

Sismicidad inducida por inyección de gas (Proyecto CASTOR):

- Secuencia sísmica Septiembre-Octubre 2013 (+1000 ev) cerca del Delta del Ebro que pudo ser generada por inyecciones de gas
- Ref Ejs.: Simone Cesca, Francesco Grigoli, Sebastian Heimann, Álvaro González, Elisa Bufo, Samira Maghsoudi, Estefania Blanch, Torsten Dahm, The 2013 September–October seismic sequence offshore Spain: a case of seismicity triggered by gas injection?, *Geophysical Journal International*, Volume 198, Issue 2, August, 2014, Pages 941–953

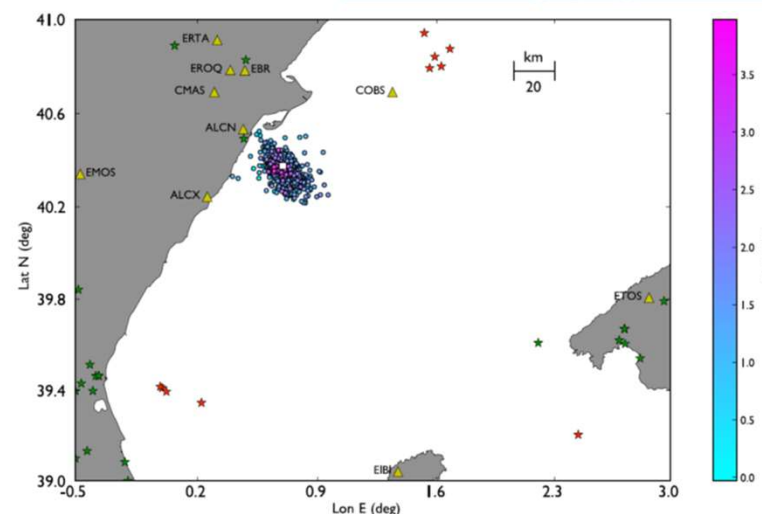


Figure 1. Spatial distribution of epicentres and operating stations in the area. Circles: epicentres of the studied seismic sequence offshore Spain (according to the catalogue of the Ebro Observatory). Green stars: epicentres of historical seismicity (with maximum intensity $I > V$ in the IGN catalogue). Red stars: epicentres of previous instrumental seismicity (with $M \geq 4$ in the IGN catalogue). White square: location of the Castor platform of gas injection. Triangles: seismic stations (either with broad-band or short period sensors, as well as the COBS ocean bottom seismometer) operated by IGN, IGC and EBR in the region.

Terremoto de Lorca 2011:

- Subsistencia del terreno por explotación a largo plazo de acuíferos
 - Datos de sismicidad (Ref. Ej.: Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V., Cabañas Rodriguez, L., Valero Zornosa, J.F. (2012). El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Física de la Tierra, Vol. 24, 17-40.; López-Comino, Mancilla, F de Lis, Morales, J., Stich, D., Rupture directivity of the 2011, Mw 5.2 Lorca Earthquake (Spain), GRL, <https://doi.org/10.1029/2011GL050498>)
 - Datos GNSS, INSAR, A-DInSAR (Ref. Ejs.: González, P., Tiampo, K., Palano, M. et al. The 2011 Lorca earthquake slip distribution controlled by groundwater crustal unloading. Nature Geosci 5, 821–825 (2012). <https://doi.org/10.1038/ngeo1610>; Fernandez, J., Prieto, J.F., Escayo, J. et al. Modeling the two- and three-dimensional displacement field in Lorca, Spain, subsidence and the global implications. Sci Rep 8, 14782 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33128-0>)
 - Datos LIDAR (Ref. Ejs. Yolanda Torres, José Juan Arranz, Jorge M. Gaspar-Escribano, Azadeh Haghi, Sandra Martínez-Cuevas, Belén Benito, Juan Carlos Ojeda, Integration of LiDAR and multispectral images for rapid exposure and earthquake vulnerability estimation. Application in Lorca, Spain, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 81, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.05.015>).
 - Análisis de riesgos (Ref. Ejs.: Rivas-Medina, A., Martínez-Cuevas, S., Quirós, L.E. et al. Models for reproducing the damage scenario of the Lorca earthquake. Bull Earthquake Eng 12, 2075–2093 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10518-014-9593-1>)