

## LAS GRIETAS DE ACANTILADO COMO UN NUEVO TIPO DE REGISTRO DE TSUNAMITAS: EJEMPLO EN LA COSTA DE GIBRALTAR



J. Rodríguez-Vidal <sup>(1)(\*)</sup>, L.M. Cáceres <sup>(1)</sup>, M.L. González-Regalado <sup>(1)</sup>, P. Gómez <sup>(1)</sup>, M.J. Clemente <sup>(1)</sup>, F. Ruiz <sup>(1)</sup>, A. Toscano <sup>(1)</sup>, T. Izquierdo <sup>(1)</sup>, M. Abad <sup>(2)</sup>.

- (1) Dpto. Geodinámica y Paleontología, Facultad de CC. Experimentales, Universidad de Huelva. Avda. Tres de Marzo s/n. 21071-Huelva. (\*) Email contacto: [jrvidal@dgeo.uhu.es](mailto:jrvidal@dgeo.uhu.es)  
(2) Dpto. de Geología. Universidad de Atacama, Copiapó, Chile.

**Abstract (Crevice infilling deposits in the Gibraltar coast as a new tsunamite record):** Main tsunami records around the world coasts are associated with low-lying sandy coasts or estuarine areas. In the Rock of Gibraltar formed by limestone cliffs these records are less common and they are limited to the lagoon (The Inundation) located at the isthmus that joins the Rock with the mainland. Tsunamigenic deposits filling deep open crevices that record marine events since ca. 3,000 years BP have been studied at the southwestern end, i.e. Rosia Bay. The most represented deposits could be related with both Atlantic and Mediterranean tsunamis occurred in ~1000 BC, 218-209 BC, 60 AD, 365 AD and 1755 AD. These new tsunamite-type evidence represent a complementary tool in the geological analysis and chronology of these high-energy marine events.

**Palabras clave:** tsunamita, costa rocosa, Holoceno, Estrecho de Gibraltar.  
**Key words:** tsunamite, rock coast, Holocene, Strait of Gibraltar.

### INTRODUCCIÓN

Los depósitos de tsunamis están bien documentados en registros modernos, históricos y prehistóricos, aunque, en ocasiones, y debido al bajo potencial de preservación que poseen en las zonas donde quedan registrados, se ven afectados por frecuentes retrabajamientos (Dawson y Stewart, 2007). La mayor parte de estos registros se encuentran en llanuras costeras de muy baja topografía, en estuarios y lagunas colmatadas, o en registros marinos sumergidos. El afloramiento que hemos estudiado en Gibraltar, en la costa rocosa acantilada de Rosia Bay (Fig.1), se encuentra en profundas grietas abiertas al suroeste (bahía de Algeciras), orientadas hacia la dirección de llegada de las olas.

Aunque registros clásicos de tsunamitas han sido estudiados en esta zona (Rodríguez-Vidal et al., 2011), nunca se había contemplado la posibilidad de encontrar estos depósitos en el interior de grietas rocosas, por lo que este tipo de afloramiento en costas acantiladas se convierte en una nueva posibilidad de registro tsunamigénico o de evento marino de alta energía (EWE).

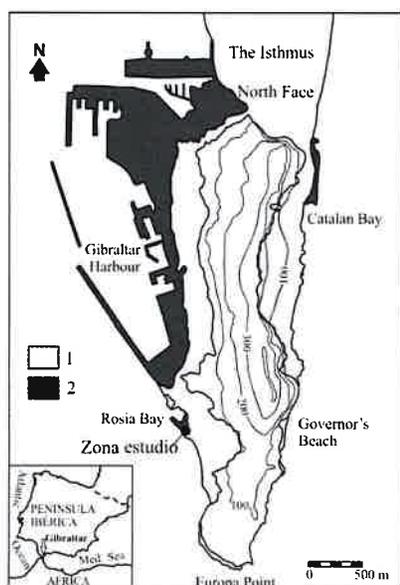


Fig. 1: Situación geográfica del Peñón de Gibraltar y de la zona de estudio. Leyenda: 1. Formaciones del Pleistoceno, 2. terreno ganado al mar.



Fig. 2: El promontorio de rocas dolomíticas de Parson's Lodge Battery y sus acantilados meridionales, con las grietas que contienen los depósitos estudiados.

### DATOS Y RESULTADOS

El flanco sur de la bahía de Rosia (Fig. 1) está protegido por el promontorio dolomítico de Parson's Lodge Battery (Fig. 2), en cuya cara occidental los militares ingleses realizaron escarpes defensivos en 1769. Estas excavaciones pusieron al descubierto profundas grietas rellenas de sedimentos kársticos rojos con abundante fauna continental cuaternaria, conocidas mundialmente como "Rosia bone breccia". Algunas de estas grietas carecen de este relleno específico, tienen anchuras menores de 40 cm y están orientadas hacia el sur. A veces, presentan restos marinos que rellenan parcialmente los fondos

y paredes, cementados con calcita y recubiertos por coladas estalagmíticas. Su análisis sedimentológico y faunístico muestra un registro de granulometría bimodal de arenas silíceas y bioclásticas con fragmentos de conchas de gasterópodos, bivalvos y otra fauna marina. También hay fragmentos angulosos de dolomía, arrancados de las paredes del acantilado. Este sedimento muestra una mezcla de arenas erosionadas del fondo de la bahía e introducidas en las grietas, así como elementos de la roca-caja, tanto líticos como organismos adosados a ella, p.e. cirripedos y serpulidos.

Para conocer la cronología de estos sedimentos, se han muestreado valvas frescas de conchas marinas de cada uno de los niveles estratigráficos, tanto en los fondos de grieta como en los parches adosados a sus paredes. Antes de que las grietas se abriesen al exterior y pudieran ser rellenadas por los depósitos que nos ocupan, estaban cerradas y selladas por coladas calcíticas, con morfologías de tipo "gour", que han proporcionado una edad calibrada ( $2\sigma$ ) de 4440-4240 años BP. Las edades  $^{14}\text{C}$ -AMS de las conchas marinas introducidas en las grietas son siempre posteriores, más recientes de 3000 años cal. BP, y se han calibrado con IntCal09/Marine09 (Reimer et al., 2009) y el reservorio  $\Delta R$  marino regional (Soares y Martins, 2010).

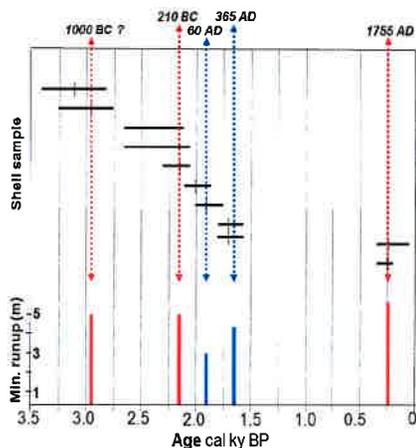


Fig. 3: Tabla de edades calibradas ( $2\sigma$ ) de muestras de conchas y su probable asignación a tsunamis atlánticos (rojo) y mediterráneos o del Estrecho (azul). Altura mínima alcanzada por la ola del tsunami contra el acantilado.

### INTERPRETACIÓN Y CONCLUSIONES

El hallazgo de este nuevo tipo de registro de tsunamitas, en grietas abiertas de acantilado, ofrece nuevas oportunidades en el estudio de estos eventos energéticos extraordinarios y sus efectos en otros ambientes costeros, distintos a los hasta ahora estudiados.

El afloramiento de Rosia Bay muestra, al igual que en otras costas del mundo, que el sedimento tsunamigénico procede, principalmente, de la zona marina próxima y de la zona supramareal invadida por las olas. En este caso, el aporte continental se produce a partir de fragmentos de roca del propio acantilado y sus organismos asociados. La naturaleza carbonata de la roca encajante y su abundante fracturación y permeabilidad, ha permitido

la conservación del registro sedimentario por cementación y recubrimiento de coladas calcíticas.

La datación calibrada de estas capas y parches de tsunamitas, y su comparación con el registro histórico y geológico de grandes tsunamis en el sur de Iberia (Campos, 1991; Lario et al., 2011; Ruiz et al., 2013), nos permite reconocer hasta cinco eventos diferentes, más modernos de 3500 años BP (Fig. 3): el de Lisboa de 1755 d.C., de origen atlántico; los del 60 y 365 d.C. de época romana y origen local o mediterráneo; el ya previamente documentado en las costas atlánticas del 218-209 a.C.; y uno nuevo de hace unos 1000 años a.C. y posible origen atlántico.

Otro dato interesante que se puede extraer del registro sedimentario es la altura absoluta, sobre el *datum* local, del techo de cada uno de los tramos sedimentarios, que marcaría la altura mínima de la inundación de la ola dentro de la grieta y de su impacto contra la pared acantilada. Los tres posibles tsunamis atlánticos llegaron a alcanzar alturas de hasta 5 m s.n.m., superiores a los registrados en la costas bajas del istmo de Gibraltar, que fue de 2 m para el tsunami de Lisboa de 1755 d.C. (Rodríguez-Vidal et al., 2011). Los tsunamis locales del 60 y 365 d.C. alcanzaron olas de altura menor, entre 3 y 4 m s.n.m. y parece que también afectaron a ciudades romanas costeras próximas, como *Baelo Claudia* y *Carteia*.

**Agradecimientos:** Trabajo financiado por el proyecto MICINN-FEDER CGL2010-15810/BTE y los grupos PAI: RNM293 y RNM238. Nuestro agradecimiento al equipo del Gibraltar Museum por la ayuda logística.

### Referencias bibliográficas

- Campos, M.L. (1991). Tsunami hazard on the Spanish coast of the Iberian Peninsula. *The Science of Tsunami Hazards*, 9, 83-90.
- Dawson, A.G., Stewart, I. (2007). Tsunami deposits in the geological record. *Sedimentary Geology*, 200, 166-183.
- Lario, J., Zazo, C., Goy, J.L., Silva, P.G., Bardaji, T., Cabero, A., Dabrio, C.J. (2011). Holocene palaeotsunami catalogue of SW Iberia. *Quaternary International*, 242, 196-200.
- Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Burr, G.S., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., McCormac, F.G., Manning, S.W., Reimer, R.W., Richards, D.A., Southon, J.R., Talamo, S., Turney, C.S.M., van der Plicht, J., Weyhenmeyer, C.E. (2009). IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 51, 1111-1150.
- Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L.M., Abad, M., Ruiz, F., González-Regalado, M.L., Finlayson, C., Finlayson, G., Rodríguez-Llanes, J.M., Bailey, G. (2011). The recorded evidence of AD 1755 Atlantic tsunami on the Gibraltar coast. *Journal of Iberian Geology*, 37, 177-193.
- Ruiz, F., Rodríguez-Vidal, J., Abad, M., Cáceres, L.M., Carretero, M.I., Pozo, M., Rodríguez-Llanes, J.M., Gómez-Toscano, F., Izquierdo, T., Font, E., Toscano, A. (2013). Sedimentological and geomorphological imprints of Holocene tsunamis in southwestern Spain: An approach to establish the recurrence period. *Geomorphology*, 203, 97-104.
- Soares, A.M.M., Martins, J.M.M. (2010). Radiocarbon dating of marine samples from Gulf of Cadiz: The reservoir effect. *Quaternary International*, 221, 9-12.



# XIV Reunión Nacional de Cuaternario, Granada

30 de Junio, 1 y 2 de Julio 2015

## Una visión global del Cuaternario El hombre como condicionante de procesos geológicos



### Patrocinio científico e institucional:



Instituto Geológico y Minero de España



Radiocarbon Dating

Consistent Accuracy  
Delivered On-Time

Beta Analytic Ltd.



Patronato de la Alhambra y Generalife  
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE



### Organización:



Universidad de Granada  
Dpto. Geodinámica



ANÁLISIS  
DEL RELIEVE  
Y PROCESOS  
ACTIVOS

**© XIV Reunión Nacional de Cuaternario (Granada, 2015)**

J. P. Galve, J. M. Azañón, J. V. Pérez Peña y P. Ruano (Eds.)

Foto portada: Vista aérea del borde occidental de Sierra Nevada desde la parte norte de la Cuenca de Granada. En primer plano se aprecia el abanico aluvial de la Formación Alhambra, sobre el que se asientan los Palacios Nazaríes del mismo nombre, disectado por los ríos Darro y Genil. Detrás en un segundo plano y hacia el SE se distinguen los relieves de media montaña en los que aflora el Complejo Alpujarride y los relieves nevados de alta montaña en los que aflora el Complejo estructuralmente más bajo de las Zonas Internas de la Cordillera Bética, el Complejo Nevado-Filabride. Fuente: Aviofoto.

Diseño portada: José Vicente Pérez Peña, Patricia Ruano y Jorge Pedro Galve

Depósito legal E-book formato pdf: GR-876-2015

ISBN E-book formato pdf: 978-84-606-9417-5

---

Los trabajos contenidos en el presente volumen deberán citarse de la siguiente manera:  
Cearreta, A. (2015). El "Anthropocene Working Group" y la definición geológica del Antropoceno. En: Una visión global del Cuaternario. El hombre como condicionante de procesos geológicos (J. P. Galve, J. M. Azañón, J. V. Pérez Peña y P. Ruano, Eds.), pp. 248-251. XIV Reunión Nacional de Cuaternario, Granada (España).

---