

# Estudio cronológico de crecidas históricas en la Rambla de la Viuda, Castellón, mediante luminiscencia ópticamente estimulada (OSL)

A. Medialdea<sup>1</sup>, M. J. Machado<sup>2</sup>, Y. Sánchez-Moya<sup>3</sup>, A. Sopeña<sup>3</sup> y G. Benito<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Geography Institute, University of Cologne, Cologne, Germany*

<sup>2</sup> *Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, Madrid*

<sup>3</sup> *Instituto de Geociencias-CSIC-UCM, Madrid, Madrid*

**GEOCHRONOLOGICAL STUDY OF HISTORICAL FLOODS IN RAMBLA DE LA VIUDA, CASTELLON, USING OPTICALLY STIMULATED LUMINESCENCE (OSL):** Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating is one of the most useful techniques in the study of sedimentary and geomorphological records with special potential in the range of historical ages. OSL has been applied on sediments deposited during extreme floods in Rambla de la Viuda (Castellón). The study focuses on four stratigraphic sequences where 30 flood events were identified. Different statistical models have been applied in order to overcome the problem of incomplete bleaching and provide the true burial age. The results provide a good chronological record of recent floods, improving significantly the accuracy of the radiocarbon ages for these units. This newly established record, in agreement with historical data and with the stratigraphy, shows the great potential of OSL in the dating of historical flood deposits despite the complexity of their luminescence response.

**Palabras clave:** Paleocrecidas, crecidas históricas, OSL, datación, eventos extremos

**Key words:** Palaeofloods, historical floods, OSL, dating, extreme events

## Introducción

El uso de técnicas de datación absolutas para establecer un registro cronológico preciso es una herramienta clave en el estudio de los registros sedimentarios de paleoinundaciones. En el caso de técnicas de datación ampliamente usadas como el radiocarbono, las dataciones correspondientes al periodo AD 1650-1950 sufren de imprecisión debido al aumento de carbón en el ambiente por actividades humanas, y por la introducción de cantidades variables de <sup>14</sup>C en la atmósfera durante la revolución industrial. La datación por luminiscencia ópticamente estimulada (OSL) se ha convertido en una de las técnicas más útiles gracias al rango de edad aplicable, desde el millón de años hasta el presente. En este trabajo, se ha aplicado la datación por OSL al estudio de registros sedimentarios de inundaciones en unos perfiles donde las dataciones por radiocarbono habían mostrado una alta imprecisión. La estimación de la edad de los niveles sedimentarios utilizando OSL se puede ver comprometida por la presencia de blanqueamiento parcial (insuficiente exposición a la luz solar durante su transporte). En cuencas fluviales pequeñas (100-500 km<sup>2</sup>) el tiempo de transporte del sedimento es bajo, lo que reduce su exposición a la luz. Para este

trabajo se han modificado los procedimientos estándar empleados en OSL con el fin de identificar la población de granos minerales bien blanqueados dentro de cada nivel y estimar así el momento real en que el sedimento quedó enterrado. El objetivo de este trabajo es establecer un registro cronológico preciso para varias secuencias de depósitos de crecidas del río Montlleó y demostrar el potencial de la OSL para la datación de este tipo de eventos históricos.

## Zona de estudio

La zona de estudio se localiza en el río Montlleó, afluente a la Rambla de la Viuda (Castellón) (Fig. 1). El río Montlleó presenta una cuenca de 657 km<sup>2</sup>, con cabecera en la Cordillera Ibérica de Teruel a 1600 m de altitud. El clima es Mediterráneo típico con una precipitación media anual de 500-650 mm. Las crecidas de mayor magnitud se producen en los meses de otoño relacionadas con células. El tramo con depósitos de paleocrecidas se localiza a 4 km del municipio de Els Ibarsos, en un tramo de 500 m donde se concentran tres afloramientos (B1, B2 y ML).

## Metodología

La tasa de dosis anual se ha calculado para

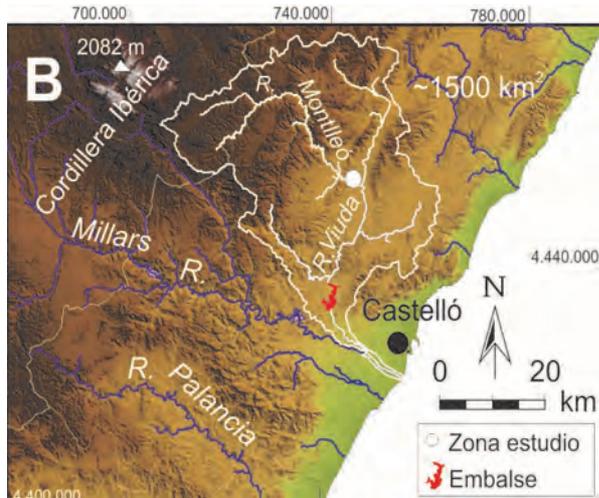


Fig. 1 Mapa de localización.  
Fig. 1. Site location.

cada uno de los niveles a partir de 200 g de muestra utilizando espectrometría gamma de alta resolución. La radiación derivada de las concentraciones de U, Th y K medidas y la contribución de la radiación cósmica se han corregido teniendo en cuenta la atenuación debida a la humedad del entorno. Los valores finales se han calculado utilizando DRAC v1.2 (Durcan et al., 2015). Las muestras se han tratado químicamente para aislar la fracción de cuarzo de tamaño 180-250  $\mu\text{m}$ . Para el cálculo de la dosis equivalente se han medido 40-60 alícuotas de 2 mm ( $\sim 20$  granos por alícuota) de cada una de las muestras. Se ha empleado el protocolo SAR (single-aliquot regenerative-dose, Murray and Wintle, 2000) para medir la respuesta luminiscente a estimulación azul (480 nm). En las medidas se ha incluido un paso con estimulación infrarroja para detectar la presencia de feldespato que comprometería la fiabilidad de la señal detectada.

Se ha medido una submuestra del nivel MLIZQ-19, previamente blanqueado de forma artificial, sobre la que se ha administrado una dosis de radiación conocida. Se asume que los granos que han sufrido un blanqueamiento completo en la naturaleza y, por tanto, portan la información del momento de enterramiento real, tienen un comportamiento similar al observado en este experimento. Se utiliza esta información como base para la aplicación del modelo de edad mínima IEU (Thomsen et al., 2005), descartando la población de dosis más

probable de estar afectada por blanqueamiento parcial.

## Resultados y discusión

### Estratigrafía

Los depósitos aparecen en un tramo de expansión del valle, en cuyo margen derecho se deposita una terraza de gravas antigua. Sobre esta terraza se han depositado arenas de inundación, y en superficie se puede observar la morfología de cauces de alta energía. En estos depósitos de inundación se han descrito los perfiles B1 y B2 separados unos 40 m. B2 tiene un espesor de 1,1 m y está formado por al menos 5 eventos, mientras que B1 tiene 0,8 m de espesor y contiene 4 niveles de crecida. Los niveles inferiores presentan estructuras de alta energía, mientras que los 3 niveles superiores están formados por arenas medias y finas con estructuras de corriente indicando flujo aguas arriba característico de los depósitos de remanso (Slackwater deposits).

En la margen izquierda del valle se localiza una alcoba rocosa de 14 m de anchura y 10 m de altura, excavada en conglomerados Pleistocenos, que expone un relleno de 5-6 m con sedimentos de inundación (Fig. 2). El relleno muestra cuatro conjuntos de relleno separador por contactos erosiones (cut-and-fill), presentando cada conjunto múltiples unidades de inundación. En el afloramiento exterior se han levantado dos perfiles estratigráficos (MLIZQ y MLDCH) diferencián-

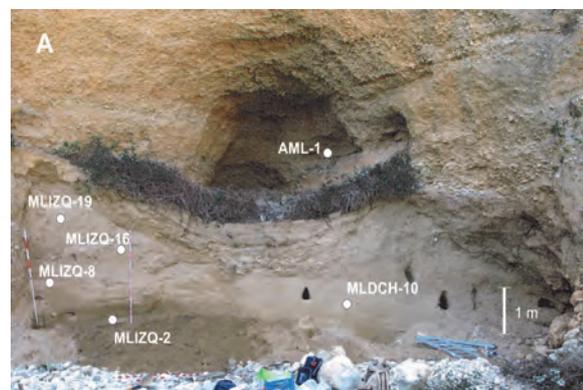


Fig. 2. Sedimentos de inundación y conjuntos del relleno que marcan las secuencias de cut-and-fill.

Fig. 2. Slackwater flood deposits and main stratigraphic sets filling the rock alcove.

dose al menos 3 conjuntos con 21 niveles de inundación. El primer conjunto consta de 7 niveles de arena fina y muy fina con ripples. La unidad basal se ha datado en su base con radiocarbono (MLIZQ-2) y luminiscencia. El segundo conjunto presenta 9 niveles, dos de ellos alcanzan 1 m de espesor. Este segundo conjunto concluye con un contacto erosivo ocupado por clastos gruesos provenientes del lateral y techo de la cueva. El tercer conjunto está compuesto por tres niveles de arenas finas y medias que se acomodan a la paleotopografía de la superficie de la cueva. A estos depósitos de crecida se superponen gravas fluviales asociadas a una inundación de elevada magnitud. Los niveles de inundación posteriores se han descrito en la cata central excavada hacia el interior de la cueva (MLC), observándose un conjunto inferior de 6 unidades y otro set superior compuesto de 5 niveles. La estratigrafía se completó con parches de sedimentos de inundación adheridos a las paredes en la parte alta del interior de la cavidad (AML), formados por arenas muy finas con laminación paralela y ripples de corriente.

#### Análisis de luminiscencia

Las señales luminiscentes detectadas están dominadas por decaimiento rápido (Fig. 2); condición necesaria para que la datación por OSL sea fiable. No se ha detectado la presencia

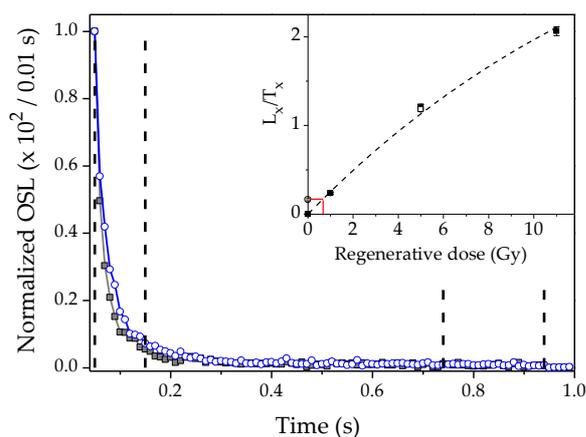


Fig. 2. Curva de decaimiento de la señal de OSL natural (círculos abiertos) y la correspondiente a una dosis artificial (cuadrados grises). En el inset se muestra la curva de respuesta de dosis generada artificialmente, sobre la que se ha interpolado la señal natural.

Fig. 2. Natural OSL decay curve (open circles) and artificially generated (grey squares). The inset shows the dose response curve and the natural signal interpolated on it.

de feldespato en las fracciones extraídas. El procedimiento estándar para el cálculo de la dosis equivalente sería la aplicación del modelo estadístico CAM (Galbraith et al., 1999) en el que se utiliza una media ponderada. Las edades resultantes siguiendo este procedimiento son incoherentes con la estratigrafía y están significativamente sobreestimadas (más de un orden de magnitud). Este resultado es esperable ya que el material insuficientemente blanqueado lleva consigo una dosis residual acumulada durante periodos anteriores a su último transporte.

El estudio detallado de las distribuciones de dosis medidas muestra que éstas tienen una sobredispersión superior al 80%. Este valor destaca frente a la OD ~10% de la distribución de dosis obtenida a partir del experimento sobre la submuestra blanqueada artificialmente. Este valor es similar al observado en depósitos de crecida de la cuenca del Guadalentín (Medialdea et al. 2014) y se esperaría que fuera similar al obtenido de un sedimento expuesto a la luz solar durante su transporte en la naturaleza.

Las distribuciones de dosis medidas sobre alícuotas de 2 mm utilizadas en este estudio permiten obtener una resolución similar a la obtenida a partir de granos individuales (Medialdea et al, 2014), dando la posibilidad de identificar heterogeneidad en el grado de blanqueamiento. Las distribuciones de dosis naturales muestran unos valores de OD >80%. El modelo IEU identifica que entre el 30 y el 50% de las alícuotas medidas de las muestras B1-3, B1-4 y MLIZQ-2 corresponden a material bien blanqueado.

Para el resto de las muestras, este porcentaje desciende a ~15%, indicando la posibilidad de que dichos eventos ocurrieran de noche o que los sedimentos provengan de fuentes cercanas. De hecho, la mayor crecida del río Montlleó en el registro histórico, y que acabó con la vida de 27 personas en La Estrella (Teruel), se produjo en noche del 9 de octubre de 1883.

Las dosis estimadas utilizando este modelo estadístico y las edades correspondientes quedan resumidas en la Tabla 1. Los resultados son coherentes con la estratigrafía

Muestra	Prof. (m)	Tasa de dosis (Gy/ka)	Dosis equivalente (Gy)	Edad (años)	Edad calibrada <sup>14</sup> C (años BP)
B1-3	0,5	1,07 ± 0,04	4,33 ± 0,14	4000 ± 200	1700-1920
B1-4	0,7	0,92 ± 0,04	4,22 ± 0,13	4600 ± 220	
MLIZQ-2	3,8	1,15 ± 0,04	0,45 ± 0,03	390 ± 30	1660-1953
MLIZQ-8	2,8	1,16 ± 0,04	0,52 ± 0,06	450 ± 50	
MLIZQ-16	1,9	0,93 ± 0,04	0,56 ± 0,07	600 ± 80	
MLIZQ-19	1,4	1,15 ± 0,04	1,88 ± 0,11	1600 ± 110	
MLDCH-10	2,5	0,78 ± 0,03	0,38 ± 0,06	490 ± 80	1672-1953
AML-1	0,7	1,24 ± 0,04	0,58 ± 0,08	470 ± 70	1690-1960

Tabla 1. Tasa de dosis anual, dosis equivalente estimada aplicando el modelo IEU y edad derivada. Se incluyen las profundidades de muestreo de las muestras y las edades de radiocarbono disponibles para los niveles estudiados.

Table 1. Environmental dose rate, estimated equivalent dose using the IEU approach and derived age. Sampling depths and available radiocarbon ages are also provided.

y aportan información cronológica que no se ha podido obtener mediante radiocarbono.

## Conclusiones

Este estudio muestra la complejidad en la datación de sedimentos de crecida recientes (últimos 300 años) en cursos mediterráneos de corta longitud. Por un lado, el <sup>14</sup>C aporta edades calibradas imprecisas y poco concluyentes, y por otro lado la luminiscencia presenta signos de blanqueo parcial que requiere de un análisis más complejo que el análisis estándar empleado en OSL. Sin embargo, este estudio demuestra que el material sedimentario afectado por blanqueamiento parcial no supone una limitación en la estimación de edades fiables incluso en el rango de edades recientes.

El análisis detallado de las distribuciones de dosis naturales basado en la comparación con una submuestra blanqueada e irradiada artificialmente permite establecer un patrón de comportamiento luminiscente ideal. El uso de esta comparación mediante el modelo IEU permite identificar la población de dosis correspondientes a granos minerales bien blanqueado y estimar así la edad real de enterramiento.

El estudio comparativo con métodos estándar pone de manifiesto la necesidad de aplicar métodos de medida y de análisis específicos para este tipo de ambiente sedimentario. Se confirma así el potencial de la datación por luminiscencia (OSL) en el estudio de crecidas recientes, en ambientes con

dominio de las inundaciones súbitas (relámpago).

Los resultados obtenidos han permitido establecer un registro cronológico de las inundaciones recientes, coherente con los datos históricos y con la estratigrafía, demostrando el gran potencial de la OSL para la datación de depósitos de crecidas históricas a pesar de la complejidad de su respuesta luminiscente.

## Agradecimientos

Al Nordic Laboratory for Luminescence Dating, Denmark, el uso de sus instalaciones. Este trabajo está financiado por el proyecto "Evolution at the Dry Limit" del DFG (German Research Foundation). El trabajo ha contado con financiación de la Fundación Biodiversidad (MAPAMA) proyecto Adaptapresa, y de los proyectos CICYT FLOOD-MED (CGL2008-06474-C02-01) y EPHIMED (CGL2017-86839-C3-1-R).

## REFERENCIAS

- Durcan, J. A., King, G. E., and Duller, G. A., 2015. DRAC: Dose Rate and Age Calculator for trapped charge dating. *Quat. Geoch.* 28, 54-61.
- Galbraith, R.F., Roberts, R.G., Laslett, G.M., Yoshida, H., Olley, J.M., 1999. Optical dating of single and multiple grains of quartz from Jinmium rock shelter, Northern Australia. *Archaeometry* 41, 339-364.
- Medialdea, A., Thomsen, K.J., Murray A.S., Benito, G., 2014. Reliability of equivalent-dose determination and age-models in the OSL dating of historical and modern palaeoflood sediments. *Quaternary Geochronology* 22, 11-24.
- Murray, A.S., Wintle, A.G., 2000. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Rad.Meas.* 32, 57-73.
- Thomsen, K.J., Murray, A.S., Bøtter-Jensen, L., 2005. Sources of variability in OSL dose measurements using single grains of quartz. *Rad. Meas.* 39, 47-