

# IX

# Simpósio Ibérico

*sobre a bacia hidrográfica do rio Minho*

Vila Nova de Cerveira  
09. 10. Novembro 2018



# IX SIMPÓSIO IBÉRICO SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MINHO

## ORGANIZAÇÃO

Aquamuseu do Rio Minho

Câmara Municipal de Vila Nova de Cerveira



## CO-ORGANIZAÇÃO

Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental



# **ACTAS**

**EDIÇÃO E COORDENAÇÃO**

**CARLOS ANTUNES**

**PRODUÇÃO**

**AQUAMUSEU DO RIO MINHO**

**CÂMARA MUNICIPAL DE VILA NOVA DE CERVEIRA**

*Projeto MigraMiño-Minho *Proteção e conservação de peixes migradores no troço internacional do rio Minho e seus afluentes*, cofinanciado em 75% pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do Programa Interreg V-A, Espanha-Portugal (POCTEP) 2014-2020.*

**ISBN**

**978-989-96062-6-5**

**Vila Nova de Cerveira**

**2018**

## ÍNDICE

Evolución medioambiental del estuario del río Miño mediante indicadores geoquímicos y sedimentológicos	6
Geocronología del sedimento atrapado en una marmita de erosión (río Miño, Ourense, Noroeste de la Península Ibérica)	10
Caracterización de elementos traza en sedimentos atrapados por marmitas fluviales. Resultados preliminares en el caso de un pequeño río sobre roca en la cuenca del Miño (Noroeste de España)	18
Numerical modelling simulations of the minho estuary hydrodynamics	25
Mecanismos que podem explicar a diminuição de bivalves de água doce após a invasão da amêijoia Asiática <i>Corbicula fluminea</i> no Rio Minho	26
Implicações fisiológicas das alterações climáticas nos bivalves de água doce	27
Efeitos do aumento da temperatura e da variação do caudal do Rio Minho na produtividade total do estuário do Minho	28
Indicadores de seca na parte portuguesa da bacia do rio Minho. Metodologia aplicada atenta a realidade espanhola	29
Helmintos gastrointestinales de la trucha salvaje: ¿posibles indicadores de la calidad del agua de un río?	30
Resultados preliminares do Proxecto LATERCO: a pesca fluvial tradicional nas estacadas do rio Tea	31
Mejora del conocimiento y de las condiciones adecuadas para la preservación del patrimonio natural del río Miño	40
Variaciones en la comunidad de peces causada por obstáculos de pequeño y mediano tamaño en afluentes del Baixo Miño	50
As lampreias também comem nas árvores?	56
Monitorização a longo termo da comunidade de peixes e sua importância para deteção de novas ameaças	57
Conhecimento Ecológico Local (CEL) e Valorização dos Recursos Piscícolas nas Comunidades Piscatórias da Bacia Hidrográfica do Rio Minho (Vila Nova de Cerveira, Portugal)	58
Valorização de produtos da pesca do rio Minho: Perceção dos Consumidores e Desenvolvimento da Marca dos Produtos Piscícolas	59
Projectos de Educação Ambiental no Alto Minho: Reflorestar Monção & Campanhas de Eco vigilância	65
Caranguejo-peludo-chinês ( <i>Eriocheir sinensis</i> ), uma espécie invasora: sensibilizar para minimizar as consequências de uma introdução no Rio Minho	68
Lousada Guarda Rios	82
O Catálogo de árvores senlleiras de Tomiño	83
Plano de paisagem das terras de Coura	84
Dinâmica de migração antes da entrada do meixão no rio Minho: dados e hipóteses	85
As IVas Invasões Francesas e o cerco ao Minho: o caso dos peixes exóticos	86
Salmão do Atlântico: uma ponte entre o Minho e a Galiza?	87
Actividades de la Estación de Hidrobiología "Encoro do Con", de la Universidad de Santiago de Compostela, en el marco del proyecto POCTEP MIGRA MIÑO – MINHO	88
Impacto de los obstáculos de pequeño y mediano tamaño sobre la migración de peces en afluentes del Baixo Miño: un estudio de marcado-recaptura	90
Datos biológicos del río Miño en el ámbito del proyecto MigraMiño-Minho	91
Série temporal (2007-2017) de abundância de enguia europeia ( <i>Anguilla anguilla</i> ) no estuário do rio Minho	92
Crecimientos individuales en las poblaciones de peces de los afluentes del tramo inferior del río Miño	94
Diferencias temporales en la composición y abundancia de la ictiocenosis de los afluentes de la margen española del tramo internacional del río Miño	98
Diferencias específicas en el comportamiento de dispersión de la ictiofauna en pequeñas cuencas fluviales	102
<i>Squalius carolitertii</i> (Doadrio, 1988): primera alarma de una especie en regresión	106
Primeros datos sobre la población reproductora de <i>Pseudochondrostoma duriense</i> (Coelho, 1985) en el Baixo Miño.	110
Áreas de especial protección para la reproducción de la lamprea marina <i>Petromyzon marinus</i> Linnaeus, 1758 en el Baixo Miño: el caso del río Hospital o Da Briña	114
Projecto RecBio – Contributo para a gestão e conservação dos recursos biológicos da zona costeira do Norte de Portugal	119



## **COMUNICAÇÕES ORAIS**

# Geocronología del sedimento atrapado en una marmita de erosión (río Miño, Ourense, Noroeste de la Península Ibérica)

Álvarez-Vázquez, M.A.<sup>1,2\*</sup>; De Uña-Álvarez, E.<sup>2</sup>; Schmidt, S.<sup>3</sup>; Prego, R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Biogeoquímica Marina, Instituto de Investigaciones Marinas (IIM-CSIC), Vigo, España.

<sup>2</sup>Grupo GEAT, Área de Geografía Física, Campus de Ourense (Universidad de Vigo), Ourense, España.

<sup>3</sup>Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (UMR5805 EPOC), Universidad de Burdeos, Francia.

\* Autor de correspondencia: M.A. Álvarez-Vázquez, [malvarezv@iim.csic.es](mailto:malvarezv@iim.csic.es)

## Resumen

Las propiedades morfológicas y la evolución de las marmitas en el tramo fluvial de la ciudad de Ourense fueron presentadas en ediciones previas de este Simposio, estableciendo una profundidad crítica de 40 cm a partir de la cual comenzaban a acumular depósitos. Se aborda ahora el estudio geoquímico de los sedimentos atrapados en una marmita y la secuencia cronológica de relleno. El vaciado de una marmita ha proporcionado 11 muestras, una por cada 2 cm de profundidad, en una columna de sedimentos de 15x15 cm de superficie. La fracción fina (<0,063 mm), fue datada en el laboratorio EPOC (Universidad de Burdeos) mediante espectrometría  $\gamma$  y por la técnica del <sup>210</sup>Pb. Los resultados muestran una acumulación de sedimentos relativamente reciente. Los más profundos, con una antigüedad entre 33 y 35 años, presentan dos transgresiones, a los 7 y 13 cm, de sedimentos más antiguos. Entre los sedimentos atrapados había un número considerable de clastos antropogénicos, la mayoría vinculados a actividades de construcción coetáneas con abruptos cambios en la morfología del río, tales como la construcción del Puente del Milenio en 2001. Dichos cambios pueden además removilizar sedimentos estables, los cuales habrían roto el continuo estratigráfico de los sedimentos en la marmita. Las marmitas son eficientes trampas de sedimentos útiles para el estudio del impacto de los procesos de urbanización ocurridos en las márgenes fluviales de entornos urbanos.

## Introducción

La alteración de los sistemas naturales y los cambios generados por las intervenciones humanas en el contexto de las interacciones sociedad-naturaleza comienzan a ser estudiados en el marco de la propuesta del Antropoceno (Crutzen y Stoermer, 2000) como una secuencia temporal desde finales del siglo XX, caracterizada por la magnitud global de la huella humana. En la actualidad, la comunidad científica apunta a mediados del siglo XX para establecer el inicio del Antropoceno (Zalasiewicz et al. 2015; Zalasiewicz et al. 2017) ya que, aunque hay registros anteriores de traza humana, es a partir de los años 50 cuando se generaliza, existiendo multitud de impactos a escala local que configuran un fenómeno global y sincrónico. Los estudios se realizan en registros estratigráficos recientes, para lo que se requiere de técnicas de geocronología con resolución anual o incluso estacional (Waters et al. 2018). Los trabajos ya realizados en sistemas fluviales son escasos, especialmente en pequeños ríos, ríos de cabecera y ríos sobre roca.

En trabajos previos (Álvarez-Vázquez y De Uña-Álvarez, 2015; Álvarez-Vázquez y De Uña-Álvarez, 2017) se definió la secuencia de crecimiento de las marmitas de erosión en un tramo urbano del río Miño a su paso por la ciudad de Ourense. En esos trabajos se observó que estas cavidades naturales horadadas en las rocas tenían capacidad de retener espesores estables de sedimentos al alcanzar una profundidad crítica de 40 cm. Estos sedimentos estaban, en cierta manera, consolidados, llegando a desarrollar suelos

incipientes que soportaban vegetación anual. Las características de estas acumulaciones de sedimentos llevaron a plantear la hipótesis de que se hubieran acumulado progresivamente sirviendo, por tanto, como testigos de los cambios ocurridos en el río a lo largo de un periodo de tiempo todavía no determinado. En consecuencia, el objetivo principal de este trabajo es evaluar la utilidad de las marmitas de erosión fluvial como trampas de sedimento a la hora de realizar trabajos geoquímicos en registros de sedimento, en especial, comprobar si sería posible realizar una geocronología que permitiera conocer la evolución temporal del sistema. Estos trabajos son de especial interés en ríos sobre roca donde los ambientes sedimentarios son escasos y la acumulación gradual de capas de sedimento puede estar dificultada por las propias características de alta energía del sistema (Tinkler y Wohl, 1998).

### **Selección y características de los sedimentos**

Para llevar a cabo este estudio piloto se seleccionó una marmita fluvial colmatada de sedimentos, situada en el margen del río Miño a su paso por la ciudad de Ourense, muy cercana a la ciudad en el entorno entre el Puente del Ribeiriño y las instalaciones termales de A Chavasqueira (Figura 1). La elevada presencia de cantos no recomendaba la utilización de un sacatestigos por lo que la marmita se fue vaciando por capas de 2 cm de profundidad, seleccionando un área de 15x15 cm para la recolección de sedimentos. Se retiraron a mano los elementos más groseros (aquellos con un diámetro superior a 5 cm) y la fracción restante fue guardada en bolsas de plástico con cierre zip para su posterior procesamiento; se obtuvieron de esta manera 11 muestras (en una columna de sedimentos de 22 cm de profundidad).



**Figura 1.** Localización en el entorno urbano de la marmita de erosión fluvial seleccionada para este estudio. Imágenes del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA, 2017) del Instituto Geográfico Nacional de España, ©IGN.

Las muestras fueron preparadas en el laboratorio de Biogeoquímica Marina (IIM-CSIC, Vigo) donde se secaron en estufa a  $45\pm 5^\circ\text{C}$  hasta peso constante, y posteriormente fueron tamizadas para separar las fracciones de gravas ( $>2\text{ mm}$ ), arenas ( $<2\text{ mm} - >0,063\text{ mm}$ ) y fangos ( $<0,063\text{ mm}$ ). Predomina en ellas la fracción arenosa (en promedio el 59% del peso total), seguida de las gravas (un 40%). Los fangos son muy minoritarios (1% del total recolectado); en las muestras a analizar se recogieron entre 2 y 12 g de esta fracción, la más adecuada para posterior determinación de la geocronología de estos sedimentos mediante el método del  $^{210}\text{Pb}$  (Sánchez-Cabeza et al. 2012).

Cabe destacar también que entre los sedimentos atrapados en la marmita se encontraron numerosos materiales con origen en la actividad humana (Figura 2). Estos componentes denominados antropoclastos (Álvarez-Vázquez y De Uña-Álvarez, 2018), tecnoclastos o tecnofósiles (Zalasiewicz et al. 2014), son producto de la manufactura humana que pueden ser utilizados como marcadores para datar los estratos en los que se encuentran. Su presencia entre los sedimentos estudiados refleja el impacto humano en el tramo fluvial, siendo importante el peso de las actividades de construcción dada la elevada frecuencia de clastos como fragmentos de ladrillos, materiales cerámicos y fragmentos de materiales de hierro.





**Figura 2.** Tecnoclastos o tecnofósiles retirados de entre los sedimentos de la marmita bajo estudio.

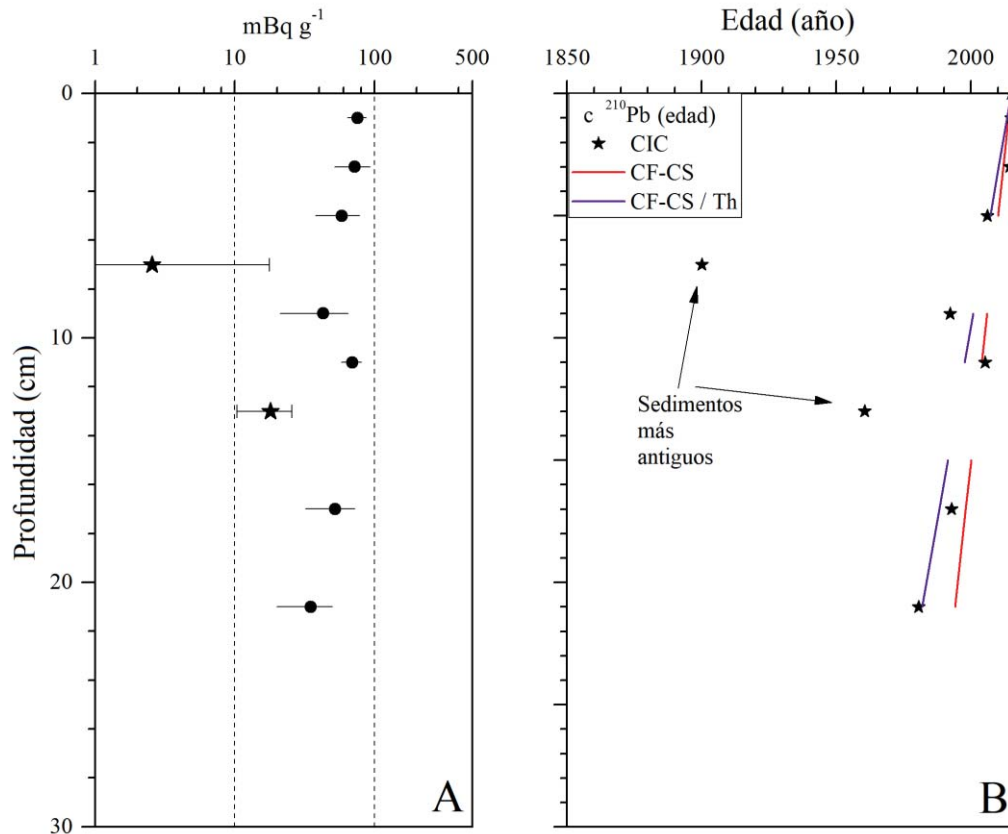
### Geocronología de los sedimentos

El isótopo radiactivo  $^{210}\text{Pb}$  ha sido utilizado ampliamente en la datación de registros sedimentarios en periodos relativamente recientes ya que, su periodo de semidesintegración ( $T_{1/2}$ ) de 22,3 años, permite datar con cierta precisión en rangos de tiempo que abarcan los últimos 100 años. Existen dos fuentes naturales de  $^{210}\text{Pb}$  en sedimentos continentales (Sánchez-Cabeza et al. 2012): (i) por un lado, el  $^{210}\text{Pb}$  producto de la desintegración del  $^{226}\text{Ra}$  en los sedimentos, ambos radioisótopos, por estar confinados en la matriz que los contiene, se les considera en equilibrio secular, se le denomina  $^{210}\text{Pb}$  soportado ( $^{210}\text{Pb}_{\text{sup}}$ ); (ii) por otro lado, existe un aporte extra por deposición de  $^{210}\text{Pb}$ , procedente de la desintegración del  $^{226}\text{Rn}$  presente en la atmósfera, a esta fracción se la denomina  $^{210}\text{Pb}$  en exceso ( $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ ).

Conociendo la actividad del  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  en un registro sedimentario es posible estimar la intensidad de acumulación de sedimentos o su edad, i.e. el momento en el que los sedimentos se depositaron. Tras la deposición por vía atmosférica en la capa de superficie, la actividad de  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  disminuye de manera exponencial en función de la ley de desintegración radiactiva (Stupar et al. 2014).

Para la determinación de la edad de las capas de sedimento se enviaron entre 1 y 2 g de cada muestra (fracción  $<0,063$  mm) al laboratorio de *Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux* (EPOC – Universidad de Burdeos). Allí se determinaron simultáneamente por espectrometría  $\gamma$  las actividades de  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ , y  $^{228}\text{Th}$ . La actividad de  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  se puede calcular como la diferencia entre las actividades del  $^{210}\text{Pb}$  y el  $^{226}\text{Ra}$ . El  $^{228}\text{Th}$  ha sido utilizado como normalizador de aportes diferenciales asociados a la litología. Las actividades de estos isótopos se encuentran en los rangos 135-199  $\text{mBq g}^{-1}$  para  $^{210}\text{Pb}$ , 92-138  $\text{mBq g}^{-1}$  para  $^{226}\text{Ra}$  y 91-117  $\text{mBq g}^{-1}$  para  $^{228}\text{Th}$ .

A la luz de los resultados, se observa una tendencia constante a la disminución de la actividad del  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  con la profundidad (Figura 3.A), que es lo esperado ya que el  $^{210}\text{Pb}$  se va desintegrando. Este hecho indica una probable acumulación progresiva de los sedimentos dentro de la marmita. Hay dos puntos que se salen de esa tendencia (estrellas negras en la Figura 3.A), encontrados a las profundidades de 7 y 13 cm; presentan actividades de  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  inferiores a la de la tendencia (2,6 y 18,0  $\text{mBq g}^{-1}$  respectivamente). Estas capas de sedimentos podrían ser el resultado de resuspensión de sedimentos más antiguos que se volverían a depositar dentro de la marmita.

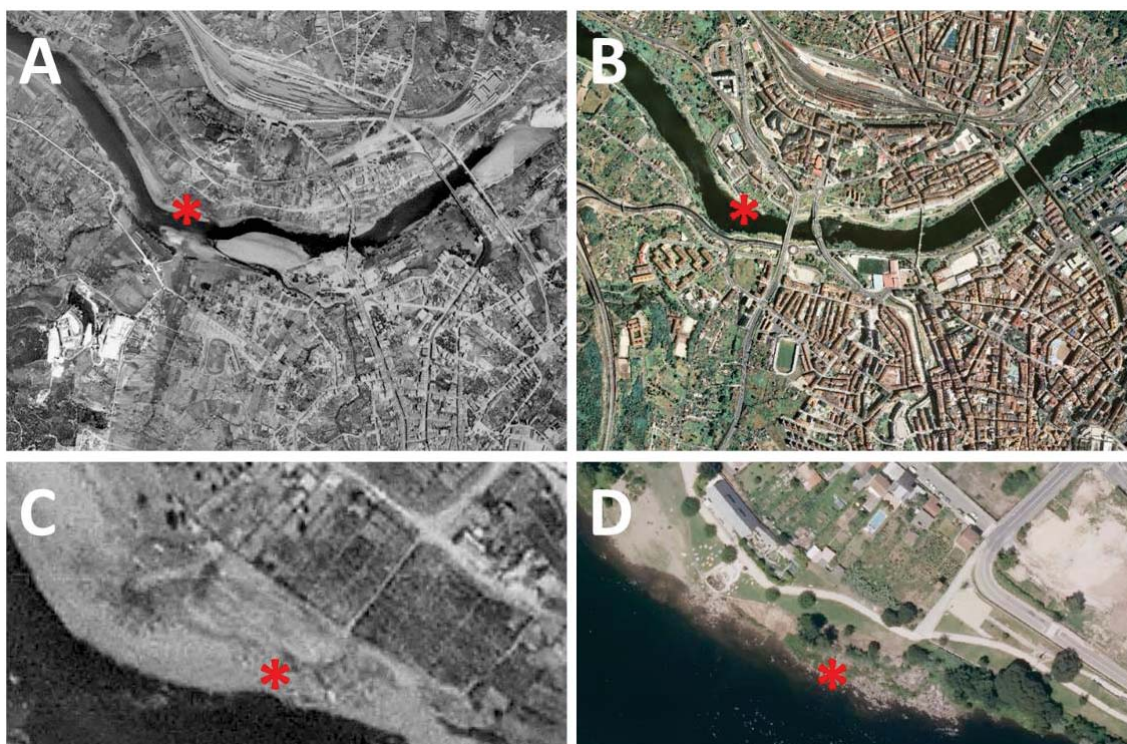


**Figura 3.** (A) actividad del  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  en relación con la profundidad en la columna de sedimento, las barras indican el error ( $\pm$  desviación estándar) (B) datación tras aplicar los modelos CIC y CF-CS.

Para determinar la edad de cada una de las capas de sedimento se emplearon dos modelos: (i) el de Concentración Inicial Constante (CIC, *constant initial concentration*), un ejemplo de desarrollo y aplicación se puede consultar en Bolliet et al. (2014); también se utilizó (ii) el modelo de Flujo y Sedimentación Constante (CF-CS, *constant flux-constant sedimentation*), ejemplo de desarrollo y aplicación en Stupar et al. (2014), normalizado con  $^{228}\text{Th}$  para minimizar las diferencias de origen litogénico. Los resultados de ambos modelos son similares, marcando el comienzo del llenado de la marmita alrededor del año 1981. La representación gráfica del resultado de los dos modelos se presenta en la Figura 3.B.

## Interpretación de los resultados

La marmita seleccionada se encuentra en un área que sufrió intensos cambios antropogénicos en las últimas décadas del siglo XX. El caudal fluvial fue regulado y su nivel de base alterado por la construcción de dos presas, aguas arriba (Velle, 1966) y aguas abajo (Castrelo de Miño, 1969). También por la construcción de puentes, vías de comunicación y la urbanización de las riberas. Durante el s. XX la población de la ciudad pasa de 15.194 en 1900 a 109.049 habitantes en 2001 (INE, 2018). La mayor tasa de crecimiento se concentra entre 1940 y 1990, creciendo con un promedio de 15.000 habitantes al año. Al comparar la fotografía aérea del vuelo americano (1956-1957) con las fotografías del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) de 2007 (Figura 3.A y 3.B respectivamente), se pueden observar los profundos cambios que la acción humana ha causado en el tramo fluvial.



**Figura 4.** Entorno urbano del río Miño a su paso por la ciudad de Ourense y detalle de la localización de la marmita (asterisco rojo). (A) fotografía aérea del Vuelo Americano, entre los años 1956-1957. (B) mismo marco geográfico en la ortofotografía del PNOA en 2007. (C) entorno de la marmita en 1956-57. (D) mismo entorno en el PNOA de 2017. Instituto Geográfico Nacional de España, ©IGN.

Llama la atención la desaparición de los bancos de arena, bien por la modificación de la hidrodinámica del río tras la construcción de las presas y otras infraestructuras (muy cercano, el Puente Novísimo o del Ribeiriño fue construido en 1966), o por su dragado

para el uso de la arena en la construcción de edificios e infraestructuras; aunque posiblemente sea una combinación de ambos factores. La cantidad y naturaleza de los tecnoclastos encontrados entre los sedimentos (Figura 2) apuntan a una importante influencia de la actividad constructiva. La datación de la columna de sedimentos obtenida en la marmita de erosión apuntaba a que los sedimentos de fondo se depositaron alrededor del año 1981. Esta fecha debe ser inmediatamente posterior a la desaparición del banco sedimentario que cubría la zona (Figura 3.C y 3.D).

Desaparecida la arena y quedando la marmita al descubierto, su llenado se produce de forma gradual hasta los años 90. Según los resultados del modelo CIC entre 1992 y 2006 se intercalan capas de lo que parecen sedimentos más antiguos, o mezcla de sedimentos más antiguos con otros de nueva formación (estrellas negras en la Figura 3.A). Este tipo de anomalía suele estar relacionado con inundaciones, que incrementan las tasas de sedimentación diluyendo el  $^{210}\text{Pb}$  que llega por vía atmosférica (Appleby, 1998; Aalto y Nitrouer, 2012); además, durante las inundaciones, sedimentos antiguos con bajo contenido en  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  pueden ser resuspendidos y transportados. En este caso, el incremento de las tasa de sedimentación podría estar vinculado a la acción humana por actuaciones como el acondicionamiento del río para actividades de ocio (construcción del paseo fluvial y de las instalaciones termales en 2001) o la construcción del cercano Puente del Milenio (también en 2001); estas acciones pudieron haber removido sedimentos antiguos del canal del río o sus márgenes.

## Conclusiones

Las marmitas de erosión fluvial son trampas naturales de sedimento con capacidad de retener registros de la historia del río, al menos en el pasado reciente. Tras el muestreo de una columna de sedimentos atrapada en una marmita del tramo urbano del río Miño a su paso por la ciudad de Ourense, se ha podido determinar su geocronología mediante datación por  $^{210}\text{Pb}$ . Los resultados indican que la deposición de sedimentos dentro de esta cavidad rocosa natural comenzó alrededor del año 1981, llenándose de manera constante, salvo en un periodo a finales del s. XX-principios del s. XXI donde el registro presenta varias anomalías que podrían estar relacionadas con tasas de sedimentación incrementadas. Estas anomalías podrían estar relacionadas con procesos de urbanización de la zona, construcción de infraestructuras de comunicación y acondicionamiento de áreas recreativas.

El estudio de las marmitas de erosión fluvial como trampas naturales de sedimento es un tema a desarrollar que muestra potencial para la realización de estudios geoquímicos y ambientales en áreas donde los ambientes sedimentarios son escasos, como pueden ser los ríos sobre roca.

## Referencias

- Aalto, R., Nittrouer, C.A. (2012).  $^{210}\text{Pb}$  geochronology of flood events in large tropical river systems. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 370(1966), 2040-2074.
- Appleby, P.G. (1998) Dating recent sediments by  $^{210}\text{Pb}$ : problems and solutions. En: Ilus, E. (ed.). *Dating of sediments and determination of sedimentation rate*. pp. 7-24.
- Álvarez-Vázquez, M.A., De Uña-Álvarez, E. (2015). Recursos Geomorfológicos: Evolución Morfológica de las Marmitas de Erosión en el Miño Medio. En Antunes, C. (Ed). *Actas do VII Simpósio Ibérico sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Minho*. Aquamuseu do Rio Minho, Câmara Municipal de Vila Nova de Ceveira. Pp. 1-5.
- Álvarez-Vázquez, M.A., De Uña-Álvarez, E. (2017). Growth of sculpted forms in bedrock channels (Miño River, northwest Spain). *Current Science*, 112(5), 996-1002.
- Álvarez-Vázquez y De Uña-Álvarez, E. (2018). Antropoclastos: resultados preliminares en el área termal del río Miño (Ourense, España). En Failde, J.M. et al. (Eds) *Proceedings of the II International Congress on Water*, Campus da Auga, Ourense, pp. 85-88
- Bolliet, T., Jorissen, F. J., Schmidt, S., Howa, H. (2014). Benthic foraminifera from Capbreton Canyon revisited; faunal evolution after repetitive sediment disturbance. *Deep Sea research part II: Topical studies in oceanography*, 104, 319-334.
- Crutzen, P.J., Stoermer, E.F. (2000). The "Anthropocene." *Global Change Newsletter* 41, 17–18. International Geosphere–Biosphere Programme (IGBP).
- INE – Instituto Nacional de Estadística. Alteraciones de los municipios en los Censos de Población desde 1842. Consultado en noviembre de 2018 en: <https://goo.gl/oXPumi>
- Lewis, S. L., Maslin, M. A. (2015). Defining the anthropocene. *Nature*, 519(7542), 171.
- Sanchez-Cabeza, J. A., Díaz-Asencio, M., Ruiz-Fernández, A. C. (2012). Radiocronología de sedimentos costeros utilizando  $^{210}\text{Pb}$ : modelos, validación y aplicaciones. Organismo Internacional de Energía Atómica, Centro Internacional de Viena.
- Stupar, Y. V., Schäfer, J., García, M. G., Schmidt, S., Piovano, E., Blanc, G., ... Le Coustumer, P. (2014). Historical mercury trends recorded in sediments from the Laguna del Plata, Córdoba, Argentina. *Chemie der Erde-Geochemistry*, 74(3), 353-363.
- Tinkler, K. J., Wohl, E. (1998). *Rivers over rock: fluvial processes in Bedrock channels* (No. 107). American Geophysical Union.
- Waters, C.N., Fairchild, I.J., McCarthy, F.M., Turney, C S., Zalasiewicz, J., Williams, M. (2018). How to date natural archives of the Anthropocene. *Geology Today*, 34(5), 182-187.
- Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Summerhayes, C.P., Wolfe, A.P., Barnosky, A.D., Cearreta, A., ... Haff, P. (2017). The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations. *Anthropocene*, 19, 55-60.
- Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Williams, M., Barnosky, A.D., Cearreta, A., Crutzen, P., ... Haff, P.K. (2015). When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal. *Quaternary International*, 383, 196-203.
- Zalasiewicz, J., Williams, M., Waters, C. N., Barnosky, A. D., Haff, P. (2014). The technofossil record of humans. *The Anthropocene Review*, 1(1), 34-43.