

Organizadores



CIREF
CENTRO IBÉRICO DE
RESTAURACIÓN FLUVIAL



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL TAJO, O.A.

IV Congreso Ibérico Restauración Fluvial



RESTAURARÍOS

Horizonte 2030

7 años para impulsar la estrategia de restauración fluvial

21, 22 y 23 de junio

Toledo 2023

Coorganizadores



Wetlands
INTERNATIONAL

restaurarios.es



Con el apoyo de



Matinsa



Supported by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the authors only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor CINEA can be held responsible for them.

Créditos

© **Título:** RestauraRíos 2023

© **Autor / editor:** Centro Ibérico de Restauración Fluvial (CIREF)

© **Fotografías:** Francisco Martínez-Capel, Ignacio Rodríguez Muñoz, Miguel Sánchez Fabre, Daniel Mora, Joserra Díez, Rui Cortes, Cristina Lobera, Camila Kuncar, Confederación Hidrográfica del Tajo

© **Diseño y maquetación:** zezina

© **Impresión:** Muriel Servicios de Producción Gráfica, S.L

ISBN: 978-84-09-85497-4

Presidente del IV Congreso Ibérico de Restauración Fluvial RESTAURARÍOS 2023:

Tony Herrera Grao

Centro Ibérico de Restauración Fluvial (CIREF)

Organizan:

Centro Ibérico de Restauración Fluvial (CIREF)

Confederación Hidrográfica del Tajo O.A

Wetlands International European Association

Esperamos que este libro refleje el concepto de la restauración que entre todos generamos y contribuya a su avance técnico, científico y social.

PaleoRiada: la base de datos georreferenciada de las paleoinundaciones en España, para la gestión del espacio fluvial

Díez Herrero, Andrés^{1*}; Sandoval, Kelly Patricia¹; López Vinielles, Juan¹; Cervel de Arcos, Silvia¹; Hernández Manchado, J. Román¹; Benito Ferrández, Gerardo²; Ballesteros Cánovas, Juan A.²; Mateos Ruiz, Rosa M.¹

¹ Departamento de Riesgos Geológicos y Cambio Climático, Centro Nacional Instituto Geológico y Minero de España (IGME, CSIC); ² Departamento de Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN, CSIC);

* andres.diez@igme.es

Resumen

PaleoRiada recopila información de inundaciones pasadas que han dejado evidencias en el registro natural: geológico-geomorfológico (sedimentos de ríos y lagos, espeleotemas, marcas erosivas, formas del relieve), biológico (dendrocronológico y liquenométrico) e hidrológico-glaciológico (acumulaciones de agua, nieve y hielo). Se estructura como una base de datos relacional compuesta de seis tablas, que contienen 40 variables de cada registro. Se relaciona (N:M) con dos capas vectoriales de puntos y polígonos en formato *shapefile* (ESRI) que permite hacer tanto búsquedas temáticas como espaciales. Los usos de esta base de datos, que en el futuro se pretende que esté libremente accesible a través de un visor web y aplicación de consultas en Internet, son variados: estudios de peligrosidad de inundaciones considerando el evento máximo registrado o análisis estadísticos para elevados periodos de retorno; ordenación del territorio, de usos y urbanística de cuencas y riberas, considerando eventos de baja frecuencia y alta magnitud; ubicación (o no), diseño y dimensionamiento de infraestructuras críticas muy vulnerables en las vegas y riberas fluviales; y redimensionamiento y adaptación de las infraestructuras preexistentes (presas, depuradoras, industrias) en los cauces y riberas para cumplimiento de la normativa de seguridad y medioambiental.

Palabras clave: inundación; depósitos de remanso; dendrogeomorfología; paleohidrología; sistema de información geográfica

Abstract

PaleoRiada collects information on past floods that have left evidence in the natural record: geological-geomorphological (river and lake sediments, speleothems, erosional marks, landforms), biological (dendrochronological and lichenometric) and hydrological-glaciological (accumulations of water, snow and ice). Paleoriada is structured as a relational database composed of six tables, containing 40 variables for each record. It is related (N:M) to a vector coverage of points and polygons in GIS format that allows both thematic and spatial searches. The uses of this database, which in the future is intended to be freely accessible through a web viewer and Internet query application, are varied: flood hazard studies considering the maximum recorded event or statistical analysis for high return periods; land use and urban planning of basins and riverbanks, considering low frequency and high magnitude events; location (or not), design and dimensioning of highly vulnerable critical infrastructures in riverbanks and floodplains; and resizing and adaptation of pre-existing infrastructures (dams, treatment plants, industries) in riverbeds and riverbanks to comply with safety and environmental regulations.

Keywords: Flood; Slack-water deposits; Dendrogeomorphology; Palaeohydrology; Geographical Information System

1. Introducción y antecedentes

Las inundaciones son eventos hidrológicos extremos consustanciales a la dinámica natural; y muy importantes en la configuración pasada, actual y futura de los sistemas fluviales. La gestión de los cauces y riberas, incluyendo los proyectos de restauración y rehabilitación, deben tener en cuenta la frecuencia y magnitud de las inundaciones extremas, debido a su elevada capacidad geomórfica de transformación del sistema.

Para la caracterización de esa frecuencia y magnitud de inundaciones pretéritas se suelen emplear bases de datos que

recogen catálogos de datos y eventos pasados. Cuando se trata de inundaciones recientes (último siglo), se puede usar el registro instrumental sistemático de caudales y niveles contenidos en los anuarios de aforos, elaborados por las autoridades de cuenca (confederaciones y agencias autonómicas) y coordinados por la Dirección General del Agua (MITERD). Para las inundaciones históricas (últimos dos milenios) se puede acudir al registro documental (textos, imágenes, videograbaciones, entrevistas o limnimarcas), que está recopilado en el Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH).

Sin embargo, hay infinidad de eventos pasados de inundación que no están incluidos en esos dos registros o bases de datos, bien porque: (i) son anteriores en el tiempo y no fueron registrados ni instrumental ni documentalmente; (ii) se produjeron en corrientes fluviales secundarias (no aforadas) o superaron los umbrales de registro de las estaciones de aforo; o (iii) por haberse producido en zonas remotas, alejadas de los centros de producción documental, y sin efectos o daños socioeconómicos de consideración. Aunque estos eventos no estaban recogidos en ninguna base de datos, son de extraordinaria importancia para el diseño y dimensionamiento de actuaciones en cauces y riberas por su elevada magnitud y baja frecuencia.

En las décadas de 1990-2000 surgieron diferentes iniciativas para la creación de bases de datos de paleoinundaciones, tanto a nivel global (Global Paleoflood Database-GLOCOPH; Hirschboeck *et al.*, 1996), como a escala regional dentro de España. Entre estas últimas destacaron: PaleoTagus, que recogía las paleoinundaciones, inundaciones históricas y registro de aforos extraordinarios de la Cuenca del Tajo (Díez-Herrero *et al.*, 1998; Fernández de Villalta *et al.*, 1998, 1999 y 2001; Benito *et al.*, 1999); y SPHERE-GIS, la base de datos georreferenciada de paleoinundaciones de las cuencas internas de Cataluña (Llobregat, Ter, Francolí...; Casas-Planes *et al.*, 2002a, 2002b y 2003; Díez-Herrero *et al.*, 2003). Sin embargo, los intentos internacionales no llegaron a desarrollarse en su plenitud (hasta la reciente del Floods Working Group Database de PAGES; Wilhelm *et al.*, 2018); y las regionales quedaron restringidas a determinadas cuencas hidrográficas, sin abarcar todo el territorio nacional y mezclando inundaciones históricas y paleoinundaciones. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es desarrollar una base de datos geo-referenciada, PaleoRiada, del registro de paleoinundaciones (inundaciones pasadas registradas en elementos naturales) para todo el Estado Español.

2. Estructura de la base de datos PaleoRiada

PaleoRiada recopila información publicada de inundaciones pasadas que han dejado evidencias en el registro natural: geológico-geomorfológico (sedimentos de ríos y lagos, espeleotemas, marcas erosivas, formas del relieve), biológico (dendrocronológico y liquenométrico) e hidrológico-glaciológico (acumulaciones de agua, nieve y hielo).

Se estructura como una base de datos relacional compuesta de seis tablas, que contienen 40 variables de cada registro:

- Campos básicos del registro (2): Identificación numérica del registro; Nombre abreviado del registro.
- Campos de ubicación espacial de la evidencia (9): Comunidad o ciudad autónoma; Provincia; Municipio; Población o entidad menor; Demarcación hidrográfica; Masa de agua; Código Decimal de Ríos; Área de la cuenca de drenaje (km²) de la corriente fluvial o lago hasta el lugar de la evidencia; Otros datos de la ubicación espacial.
- Campos de caracterización tipológica de la evidencia (4): Tipología de la evidencia paleohidrológica (Geológica, Hídrica o Biológica); Subtipo de la evidencia paleohidrológica (Sedimentológica fluvial, Sedimentológica lacustre, espeleotema, dendrogeomorfológica, liquenométrica, agua, nieve, hielo... Otro); Sub-subtipo de la evidencia paleohidrológica (Depósitos de remanso, descortezado, láminas varvadas, liberación de anchura de anillos... Otro); Otros datos de la tipología de la evidencia.
- Campos de ubicación temporal de la evidencia (8): Tipo de edad (exacta, mínima, máxima, intervalo); Fecha calendario o edad en años antes del presente (BP, referido a 1950); Tipo de calendario de edad (AD, AC, BP), Límite superior del rango de edad, en fecha calendario o en años antes del presente (BP, referido a 1950); Límite inferior del rango de edad, en fecha calendario o en años antes del presente (BP, referido a 1950); Método de datación (arqueológico, documental, radiocarbono, luminiscencia, cosmogénicos, dendrocronológico...); Incertidumbre de la datación; Otros datos de la ubicación temporal de la evidencia.
- Campos de interpretación hidrológica-hidráulica de la evidencia (13): Altitud absoluta del paleonivel alcanzado por la lámina de agua (m s.n.m.); Profundidad o calado de la lámina de agua (m); Velocidad alcanzada por el flujo (m/s); Tipo de dato de caudal: exacto, mínimo, máximo, intervalo; Caudal estimado (m³/s); Límite superior del rango de caudales (m³/s); Límite inferior del rango de caudales (m³/s); Método de estimación del caudal (ecuación de Manning, modelización hidráulica 1D, modelización hidráulica 2D...); Incertidumbre de la estimación del caudal; Tipología del flujo (aguas claras, flujo de derrubios, hiperconcentrado, sin definir), Tipología de la inundación (crecida, avenida súbita), Precipitación umbral (mm en un día), Otros datos de la interpretación hidrológica.

- Campos de información publicada de la evidencia (4): Listado de referencias bibliográficas de trabajos publicados sobre la evidencia; Autor/es de los trabajos y filiación actualizada de los mismos; Año de la primera publicación sobre la evidencia; Otros datos de la publicación de la evidencia.

Está conectada con dos capas vectoriales de polígonos y puntos en formato *shapefile* (ArcGIS ESRI) que permite tanto representarla en un visor espacial web como hacer búsquedas temáticas como espaciales.

3. Utilidad y aplicaciones de la base de datos PaleoRiada en la gestión de riberas

Los usos de esta base de datos PaleoRiada son variados:

- Estudios de peligrosidad de inundaciones considerando el evento máximo registrado o análisis estadísticos para elevados periodos de retorno (Diez Herrero, 2021b).
- Ordenación del territorio, de usos y urbanística de cuencas y riberas, considerando eventos de baja frecuencia y alta magnitud (Diez Herrero, 2021a).
- Ubicación (o no), diseño y dimensionamiento de infraestructuras críticas muy vulnerables (Harden *et al.*, 2021) en las vegas y riberas fluviales.
- Redimensionamiento y adaptación de las infraestructuras preexistentes (presas, depuradoras, industrias) en los cauces y riberas para cumplimiento de la normativa de seguridad y medioambiental (Benito y Díez Herrero, 2015).

Los principales campos de aplicación de esta base de datos PaleoRiada serán:

- Planificación del territorio a largo plazo y ubicación óptima de elementos críticos y vulnerables (centrales nucleares, grandes presas, complejos industriales, líneas de comunicaciones o flujos de energía, redlines...).
- Protección de infraestructuras críticas y vulnerables, como centrales nucleares, complejos industriales y elementos patrimoniales (culturales y naturales).
- Diseño y dimensionamiento de medidas preventivas estructurales del riesgo de inundación, como grandes presas de embalse y sus órganos de desagüe.
- Medidas de adaptación a los efectos dañinos del cambio climático y global.

4. Previsiones futuras

El proceso de implementación de registros avanza a un ritmo extraordinario y a fecha de hoy ya tiene más de 166 paleoinundaciones correspondientes a cerca de un centenar de localizaciones. Una vez introducido un número significativo de registros a partir de las publicaciones conocidas, se pretende que esté libremente accesible a través de un visor web y aplicación de consultas en Internet.

En paralelo, se llevarán a cabo análisis temáticos (tipología y subtipología de paleoinundaciones), espaciales (ubicación geográfica administrativa e hidrográfica) y temporal (fechas y dataciones en periodos climáticos), mediante búsquedas y filtros, que permitan obtener patrones de distribución en el pasado (Benito *et al.*, 2003) útiles en su interpretación y una posible predicción de evolución futura ante el cambio climático y global.

Agradecimientos

Esta comunicación ha sido posible gracias a la subvención 2022-2023 firmada entre la Dirección General del Agua (DGA-MITERD) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC-MCIN), en la que se incluye la actuación 20223TE003 (proyecto Tarquín del IGME-CSIC). Agradecer a todas las personas que han investigado y publicado acerca de paleoinundaciones en España, su generosa aportación para engrosar los registros de esta base de datos.

Referencias

- Benito, Gerardo; Fernández De Villalta, M.; Díez Herrero, A.; Laín Huerta, L. 1999. Base de datos Paleotagus: incorporación de la información paleohidrológica en un SIG para el análisis de riesgos naturales. En: *Los Sistemas de Información Geográfica en los Riesgos Naturales y en el Medio Ambiente* (Luis Laín Huerta, ed.). ITGE (Ministerio de Medio Ambiente), Madrid, Capítulo 1, pp. 21-31.
- Benito, Gerardo; Díez-Herrero, A.; Fernández De Villalta, M. 2003. Magnitude and Frequency of Flooding in the Tagus Basin (Central Spain) over the Last Millenium. *Climatic Change* 58 (1-2): 171-192.
- Benito, Gerardo; Díez-Herrero, A. 2015. Palaeoflood Hydrology: Reconstructing Rare Events and Extreme Flood Discharges. En: *Hydro-Meteorological Hazards, Risks, and Disasters. Hazards and Disasters Series* (Paolo Paron, Giuliano Di Baldassarre, eds.). Elsevier, Amsterdam (Netherlands), Chapter 3, pp. 65-104.

- Casas-Planes, Ángeles; Benito, G.; Díez-Herrero, A.; Barriendos, M. 2002a. SPHERE-GIS: an Historical and Paleoflood Geographical Information System Implementation. *Paleofloods, Historical Data & Climatic Variability. Applications in Flood Risk Assessment, Book of Abstracts*. Barcelona, p. 96.
- Casas-Planes, Ángeles; Benito, G.; Díez-Herrero, A.; Barriendos, M. 2002b. SPHERE-GIS: Implemetation of a GIS for the Management of Historical Flood and Palaeoflood Data. GIS and Natural Hazards. *EuroWorkshop of the Working group "Natural hazards and GIS". ECO-GEOWATER. European Conferences and forum to link GEO and WATER Research. Abstracts*. GISIG, Geographical Information System International Group. Milano (Italy), 18-22 November 2002, CNR-CSITE- Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- Casas-Planes, Ángeles; Benito, G.; Díez-Herrero, A.; Barriendos, M. 2003. SPHERE-GIS: Implementation of an Historical and Paleoflood Geographical Information System. En: *Palaeofloods, Historical Data & Climatic Variability: Applications in Flood Risk Assessment* (V.R. Thorndycraft, G. Benito, M. Barriendos; M.C. Llasat, eds.). Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC), Madrid, 56, pp. 363-368.
- Díez-Herrero, Andrés; Benito, G.; Laín-Huerta, L. 1998. Regional Palaeoflood Databases Applied to Flood Hazards and Palaeoclimate Analysis. En: *Palaeohydrology and Environmental Change* (G. Benito, V.R. Baker; K.J. Gregory, eds.). John Wiley & Sons Ltd., Chichester (England), Chapter 24, pp. 335-347.
- Díez Herrero, Andrés; Benito, G.; Casas, M.A.; Barriendos, M.; Fernández, M.; Lorenzo, A. 2003. Aplicación de los SIG a las bases de datos de paleoinundaciones: Paleotagus y SPHERE-GIS. *Seminario Euromediterráneo sobre Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Gestión de Desastres. Foro Euromediterráneo sobre Prevención de Catástrofes*. Madrid, 6 al 8 de octubre de 2003, Dirección Gral. de Protección Civil (Ministerio del Interior).
- Díez Herrero, Andrés 2021a. La dendrogeomorfología como fuente de datos de la frecuencia y magnitud de caudales históricos. En: *Paleocrecidas y avenidas históricas y su aplicación a la seguridad hidrológica de las presas* (Antonio Jiménez Álvarez, coord.). Centro de Estudios Hidrográficos, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), Servicio de Publicaciones, Madrid, Monografías CEDEX, M-143, Capítulo 3, pp. 65-96.
- Díez Herrero, Andrés. 2021b. Propuesta para superar el paradigma del periodo de retorno en el análisis y mitigación de los riesgos por inundaciones en ríos. En: *Soluciones ante los riesgos climáticos en ríos y costas, Informes Conama sobre la defensa del medio natural* (Thomsen, A., Farinós, J., Perero, E., coords.). Fundación Conama, Madrid, CT30, 4.2.7, pp. 165-173.
- Fernández De Villalta, María; Díez-Herrero, A.; Benito, G.; Laín-Huerta, L. 1998. Implementation of a regional palaeoflood database: the Palaeotagus Database. *First Meeting of the Study Group on Environmental Change and Extreme Hydrological Events*. International Geographical Union, Centro de Estudios Geograficos, University of Lisbon, August 28-29.
- Fernández De Villalta, María; Díez Herrero, A.; Benito, G.; Laín-Huerta, L. 1999. Historical and geologic palaeoflood data analysis using GIS: The Palaeotagus Database. *Geophysical Research Abstracts, European Geophysical Society, XXIV General Assembly*, p. 851.
- Fernández De Villalta, María; Benito, G.; Díez-Herrero, A. 2001. Historical flood data analysis using a GIS: The Palaeotagus Database. En: *The Use of Historical Data in Natural Hazard Assessments* (T. Glade, P. Albini, F. Francés, eds.). Kluwer Book Series, Advances in Natural and Technological Hazards Research, Dordrecht (Netherlands), pp. 101-112.
- Harden, Tessa M.; Ryberg, K.R.; O'Connor, J.E.; Friedman, J.M.; Kiang, J.E. 2021. Historical and paleoflood analyses for probabilistic flood-hazard assessments—Approaches and review guidelines. *U.S. Geological Survey Techniques and Methods*, book 4 (Prepared in cooperation with the Nuclear Regulatory Commission), chap. B6, 91 pp.
- Hirschboeck, Katie K.; Wood, M.L.; Fenbiao, N.; Baker, V.R. 1996. The Global Paleoflood Database Project. *Second International Meeting on Global Continental Palaeohydrology (GLOCOPH'96)*, Toledo, Spain, p. 37.
- Wilhelm, Bruno; Ballesteros Canovas, J.A.; Corella Aznar, J.P.; Kämpf, L.; Swierczynski, T.; Stoffel, M.; Støren, E.; Toonen, W. 2018. Recent advances in paleoflood hydrology: From new archives to data compilation and analysis. *Water Security* 3: 1-8.