

Congreso Nacional del Medio Ambiente
Madrid del 31 de mayo al 03 de junio de 2021

**PROYECTO DRAINAGE: DISEÑO DE UNA
METODOLOGÍA PARA INCREMENTAR LA
RESILIENCIA ANTE INUNDACIONES COMPATIBLE
CON LA MEJORA DEL ESTADO DE LAS MASAS DE
AGUA Y LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS**

José M. Bodoque; Javier Álvarez Rodríguez; Andrés Díez Herrero
Bloque temático
#conama2020



01 Información básica

02 Antecedentes

03 Objetivos

04 Acciones

05 Resultados

06 Conclusiones

01 INFORMACIÓN BÁSICA

Información básica

El **proyecto DRAINAGE** fue aprobado en la convocatoria de 2017 del Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad y cuenta con un presupuesto total de 174.240 euros.

SOCIOS



02 ANTECEDENTES

Hacia un nuevo modelo de gestión de los riesgos de inundación

Directiva Marco del Agua, DMA (2000/60/CE del 23 de octubre de 2000)

- La DMA tiene como objetivo principal conseguir el buen estado de las masas de agua (ríos, lagos, acuíferos,...). El buen estado depende de la Calidad Biológica, la Calidad Química y Físico-Química y la **Calidad Hidromorfológica**.

Directiva Europea de Inundaciones (2007/60/CE de 23 de octubre de 2007)

- El objetivo es establecer un marco para la **evaluación y gestión de los riesgos de inundación**, destinado a reducir las consecuencias negativas para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica, asociadas a las inundaciones en la Comunidad.

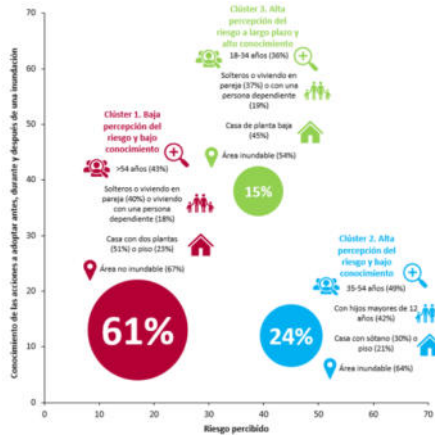
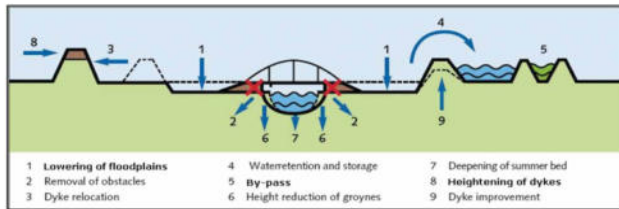
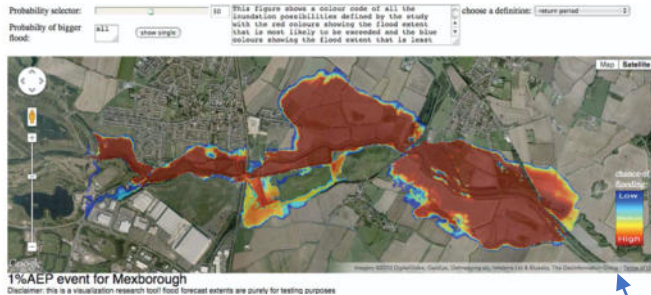
Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (iniciativa impulsada por la ONU el 25 de septiembre de 2015)

- Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6: Garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos; **Meta 6.6: proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.**

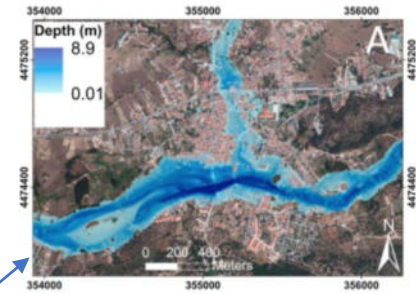
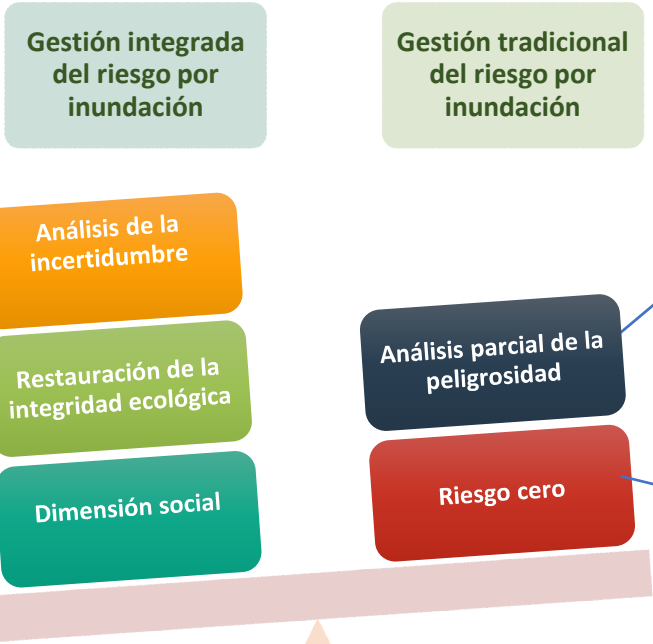
Pacto Verde Europeo (iniciativa impulsada por la Comisión Europea el 1 de diciembre de 2019)

- Estrategia sobre Biodiversidad para 2030. Entre sus objetivos está salvaguardar y restaurar las llanuras de inundación desde un punto funcional para asegurar el suministro de agua limpia o la **mitigación del impacto de las inundaciones**.

Hacia un nuevo modelo de gestión de los riesgos de inundación



La aprobación en 2000 de la **Directiva Marco del Agua**, en 2007 de la **Directiva Europea de Inundaciones**, en 2019 del **Pacto Verde Europeo**, así como la aprobación por la ONU en 2015 de la **Agenda 2030 para el desarrollo sostenible**, está implicando un cambio de paradigma en la gestión de los riesgos por inundación. Así, el modelo tradicional basado principalmente en el diseño y aplicación de **medidas estructurales duras** está siendo reemplazado por otro en el que la mejora de la **resiliencia social y ambiental** es el principal objetivo a alcanzar en los **planes de gestión del riesgo de inundación**.



03 OBJETIVOS

Desafíos actuales en la gestión integrada de los riesgos por inundación

Caracterización de la incertidumbre

- Análisis de la propagación entre los distintos componentes
- Obtención de salidas cartográficas de peligrosidad y riesgo con base probabilística

Planificación del riesgo compatible con el buen estado de las masas de agua y la gestión sostenible del recurso hídrico

- Las medidas de mitigación del riesgo tienen que ser compatibles con el objetivo de buen estado de las masas de agua establecido en la DMA.
- Restablecimiento de la conexión lateral en el Sistema río-Ilanura de inundación

Incorporación de la percepción del riesgo y de las estrategias de comunicación a los planes de gestión

- El análisis de la percepción del riesgo es necesario para garantizar el éxito de los planes de gestión
- Los planes de comunicación son necesarios para revertir la percepción fundamentada en falsas creencias de la población.

Objetivo principal y específicos

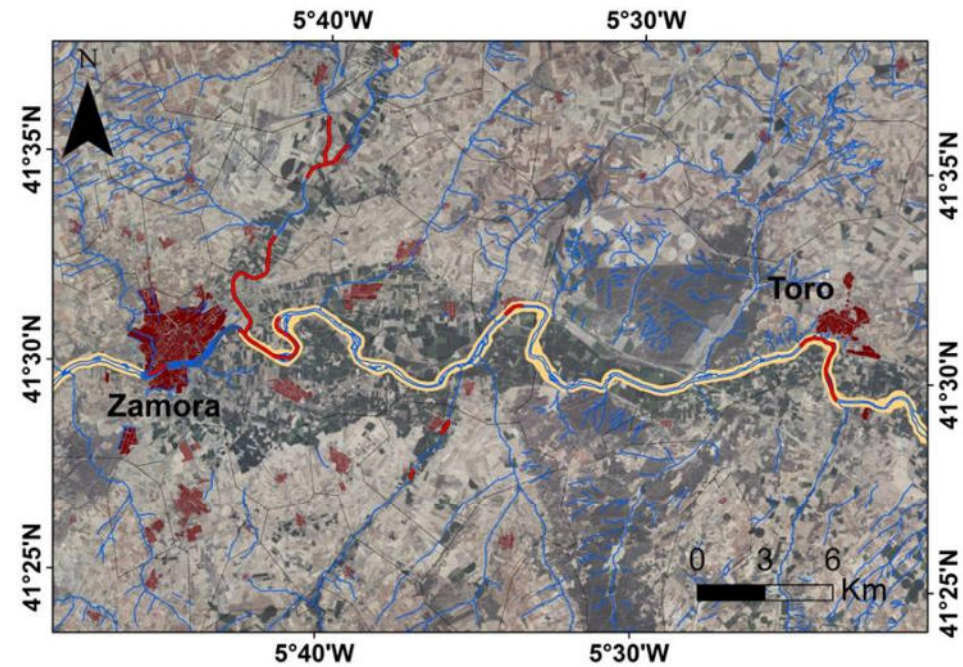
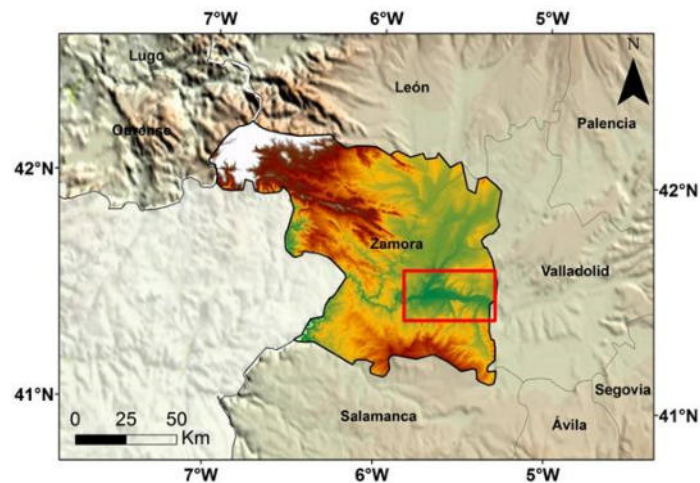
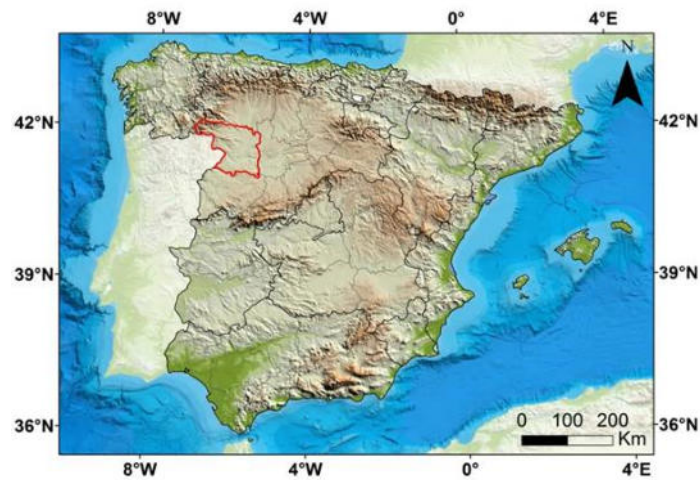
Objetivo principal: Mejorar la **resiliencia** de las zonas urbanas y periurbanas ante inundaciones, en base al diseño de estrategias de mitigación del riesgo fundamentadas en el uso de **infraestructuras verdes** que, además, sean compatibles con el buen estado de las masas de agua y con la gestión sostenible de los recursos hídricos.

Obj. específico 1	Obj. específico 2	Obj. específico 3	Obj. específico 4	Obj. específico 5	Obj. específico 6	Obj. específico 7	Obj. específico 8
- Analizar la incertidumbre de los análisis de peligrosidad y riesgo por inundaciones	- Desarrollar cartografías de riesgo con criterio probabilístico	- Diseñar una estrategia de gestión basada en las infraestructuras verdes que, además de mitigar el riesgo sea compatible con el buen estado de las masas de agua	- Evaluar el potencial de las infraestructuras verdes para restaurar los servicios ecosistémico	- Analizar la relación coste-beneficio de las infraestructuras verdes desde la perspectiva económica y ambiental	- Incorporar a los planes de gestión la percepción social del riesgo.	- Diseñar e implementar una estrategia de comunicación destinada a cambiar las actitudes sobre las mejores medidas destinadas a mitigar el riesgo y a mejorar el estado de las masas de agua.	-Evaluar cuantitativamente la resiliencia ante inundaciones

04 ACCIONES

Estrategia desarrollada en DRAINAGE

✓ Capacidad demostrativa del proyecto

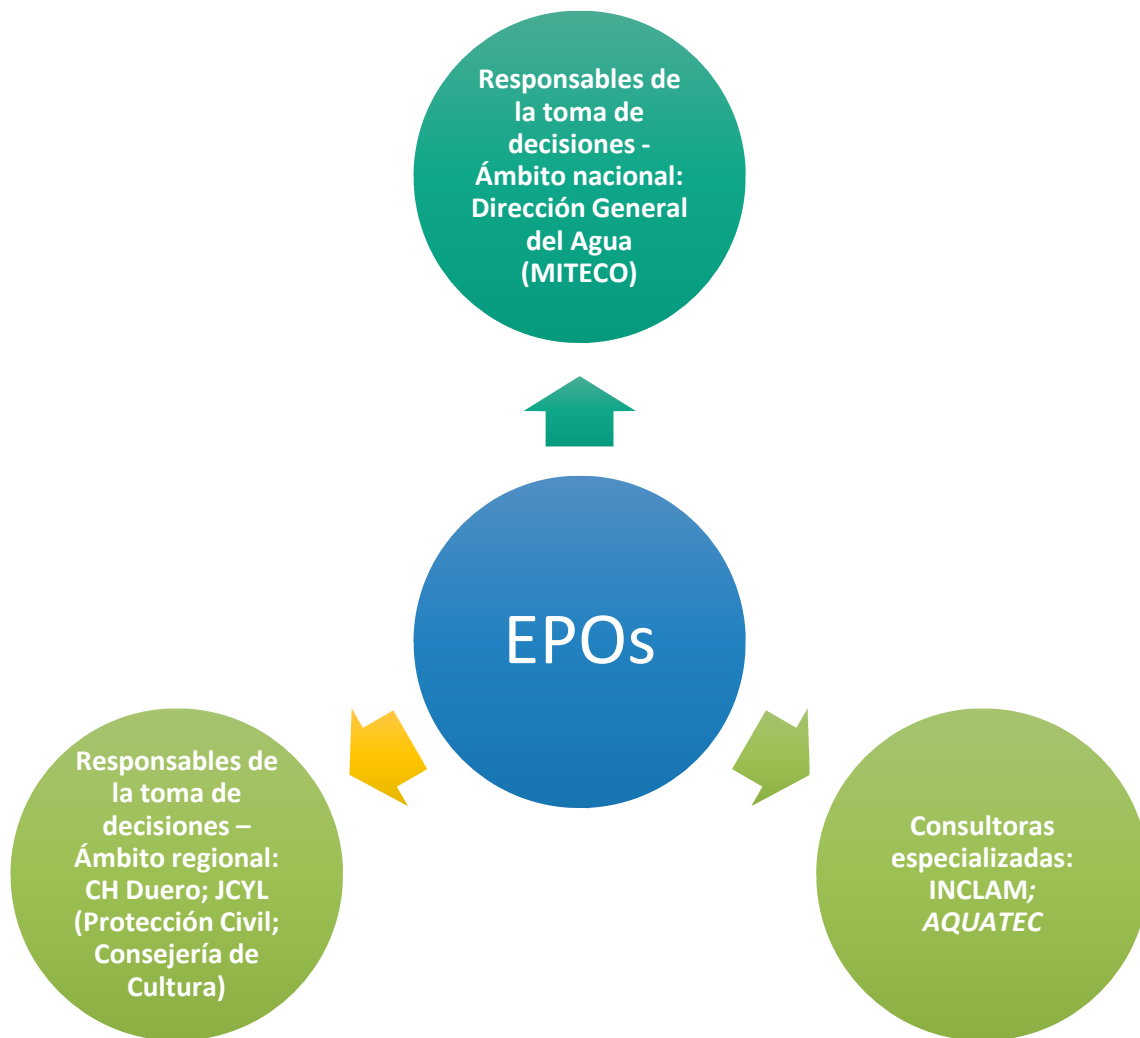


Leyenda

- Límites municipales
- Núcleos urbanos
- LIC 'Riberas del Río Duero y afluentes'
- Hidrografía
- ARPSIs

Estrategia desarrollada en DRAINAGE

✓ Apoyo de entes promotores observadores (EPOs)



✓ Enfoque interdisciplinar



05 RESULTADOS

Dimensiones abordadas

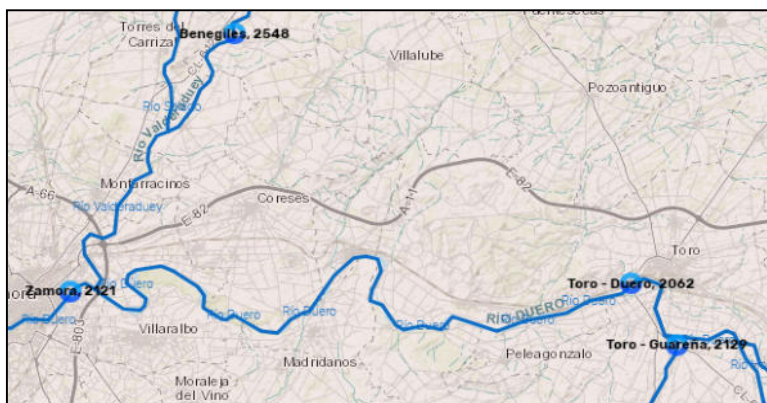


Dimensiones abordadas



Estudios hidrológicos

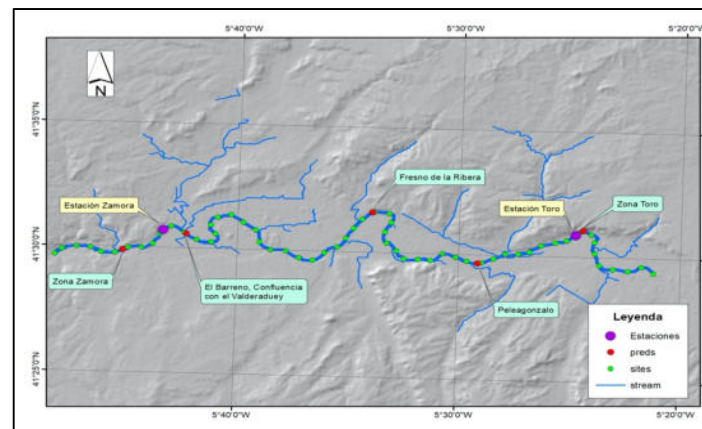
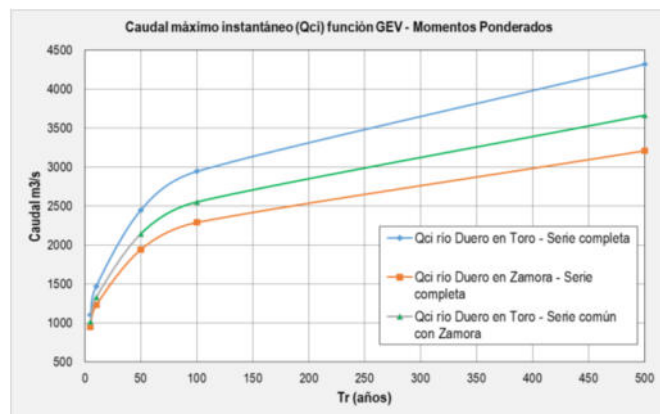
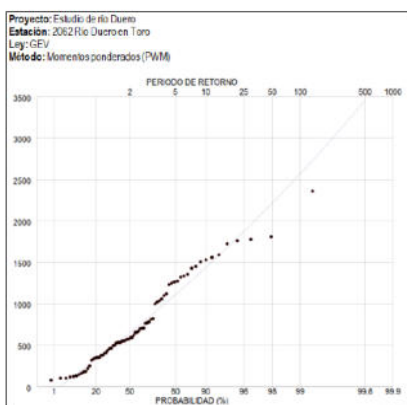
Mejora en la estimación de los caudales de avenida para diferentes periodos de retorno en el tramo del río Duero entre Toro y Zamora



Escenario	Caudal máximo	Estación	Periodo temporal de análisis
Escenario 1	Caudal máximo medio diario (Qc)	Toro	1912 - 2015
		Zamora	2003 - 2015
	Caudal máximo instantáneo (Qci)	Toro	1954 - 2015
		Zamora	2003 - 2015
Escenario 2	Caudal máximo medio diario (Qc)	Toro	2003 - 2015
		Zamora	2003 - 2015
	Caudal máximo instantáneo (Qci)	Toro	2003 - 2015
		Zamora	2003 - 2015

Escenario 1: Series con datos completos para cada estación.

Escenario 2: Series con datos completos para los años hidrológicos comunes entre ambas estaciones.

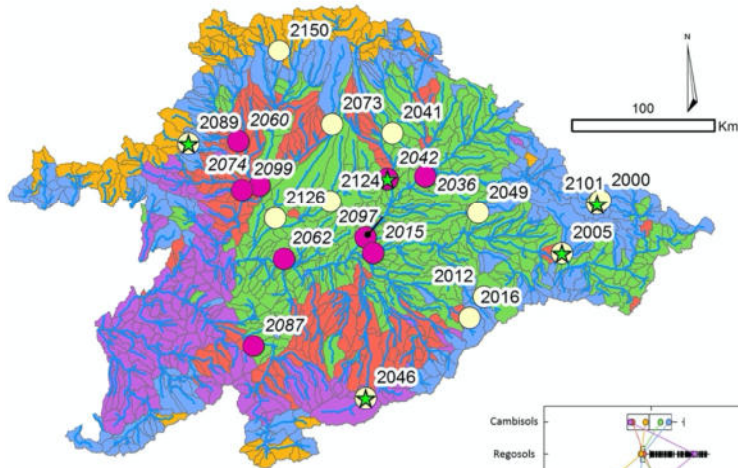


Estudios hidrológicos

Síntesis de los resultados de estimación de los caudales de avenida del río Duero, para diferentes periodos de retorno, en la ciudad de Zamora

MÉTODO DE ESTIMACIÓN				CUANTILES ESTIMADOS ZAMORA CAUDALES PUNTA (m ³ /s)					
Grupo	Modalidad	Fuente de datos y aproximación	Autoría (Fecha)	Tr = 10	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 500		
Análisis estadístico de caudales	Univariado (caudales)	Modelos estadísticos univariados de valores extremos	Caudales máximos medios diarios (Qc) Zamora	Muñoz (2018)	1150	1867	2228	3222	
			Caudales máximos instantáneos (Qci) Zamora	Muñoz (2018)	1230	1945	2291	3211	
			Qci Zamora completados con ratio Qci/Qc Toro	Muñoz (2018)	1500	2200	2600	3700	
			Simulación de Monte Carlo	Caudales máximos instantáneos (Qci) Zamora	Garrote (2020)	1358	2067	2388	3184
				Qci Zamora completados con ratio Qci Toro /Qci Zamora	Garrote (2020)	1375	2279	2745	4066
			Qci Zamora completados con datos históricos (siglos XIX y XX)	Gumbel	Machado et al. (2018)	1770	2575	2900	3700
		GEV		Machado et al. (2018)	1870	3110	3740	5500	
		TCEV		Machado et al. (2018)	1860	3210	3860	5360	
		Multivariante	Ajuste a variable morfométrica (A)	CauMax CEDEX (2011)	2112	----	4737	7513	
			Geoestadística basada en la sinusidad (S) aguas debajo de Zamora	Muñoz (2018) Muñoz et al. (2020)	1855	3308	4084	6355	
Cálculo hidrometeorológico de caudales (simulación precipitación-aportación)	Modelación semidistribuida con HEC-HMS	CHD (2016) SNCZI	1869	----	4311	6997			
	Modelación semidistribuida con HEC-HMS	CHD (2019)							
		MÁXIMO	2112	3308	4084	7513			
		mínimo	1150	1867	2228	3211			
		Media	1632	2507	3262	4801			

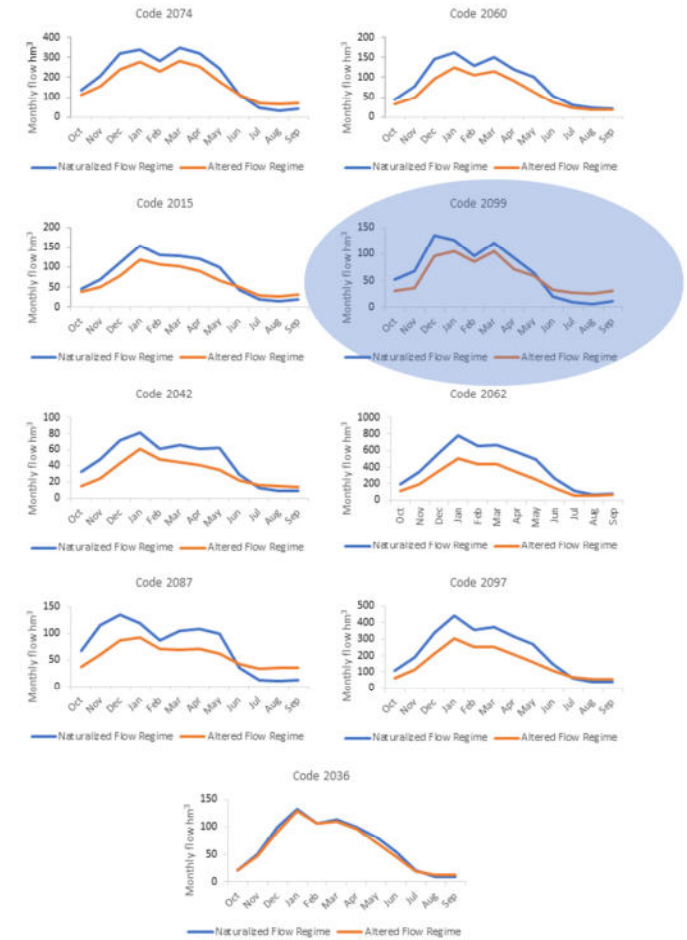
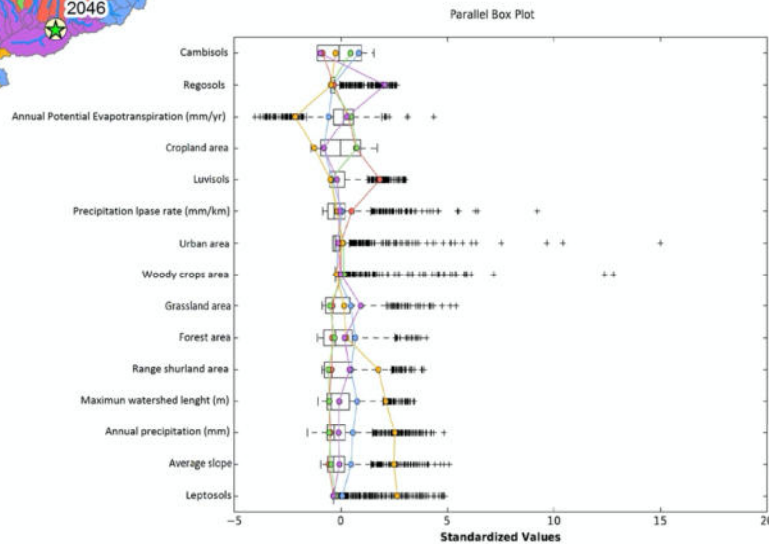
Estudios hidrológicos



★ Donor Watershed

GAUGING STATIONS
 ● Restitution of flow altered data series into natural regime
 ○ Natural flow regime

Region
 1 (Blue)
 2 (Red)
 3 (Green)
 4 (Orange)
 5 (Purple)

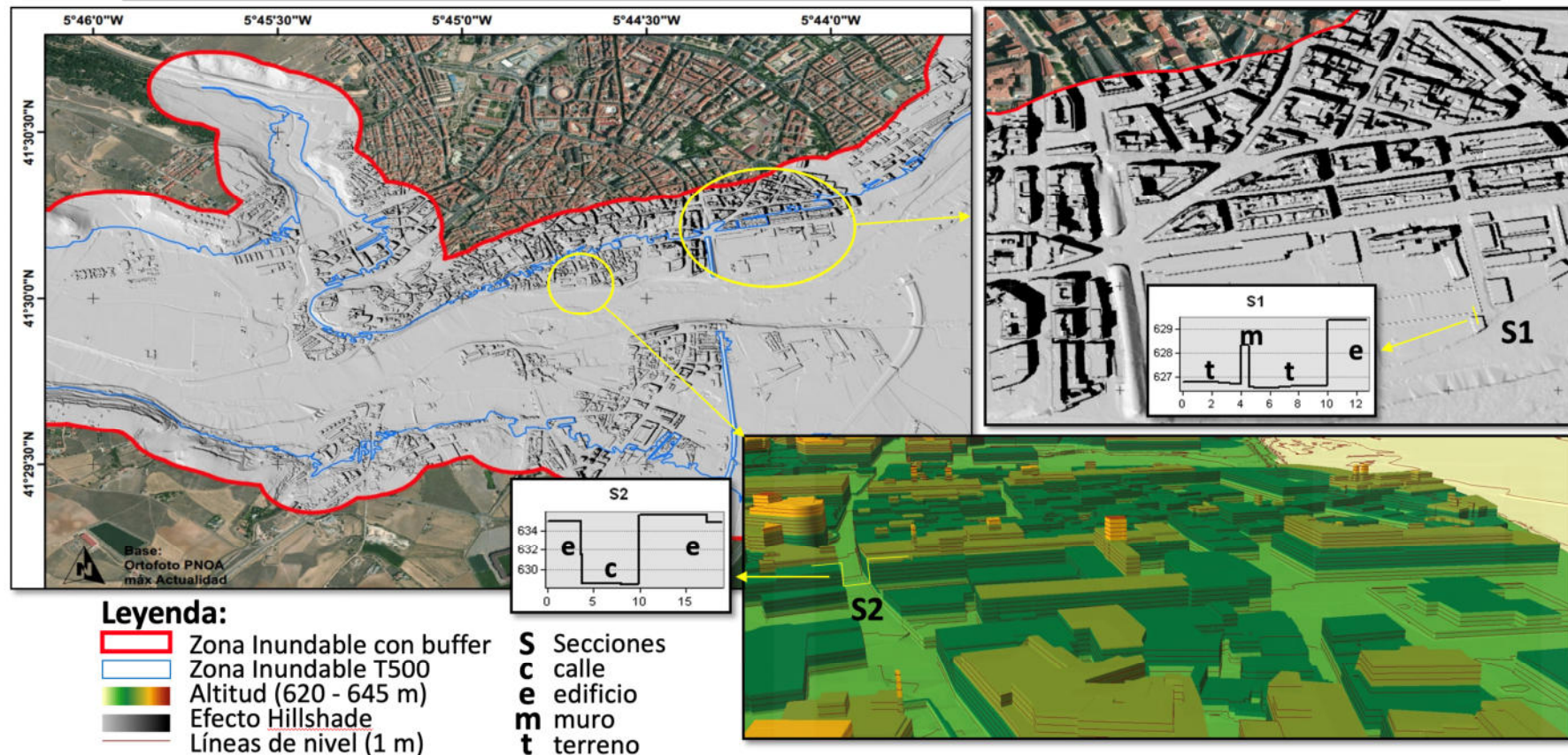


Dimensiones abordadas



Estudios hidráulicos

- ✓ Protocolo para la obtención del modelo digital de superficies de Zamora



Estudios hidráulicos

- ✓ Simulación hidráulica de la circulación del caudal de avenida del río Duero con 500 años de periodo de retorno, por la ciudad de Zamora.



Dimensiones abordadas

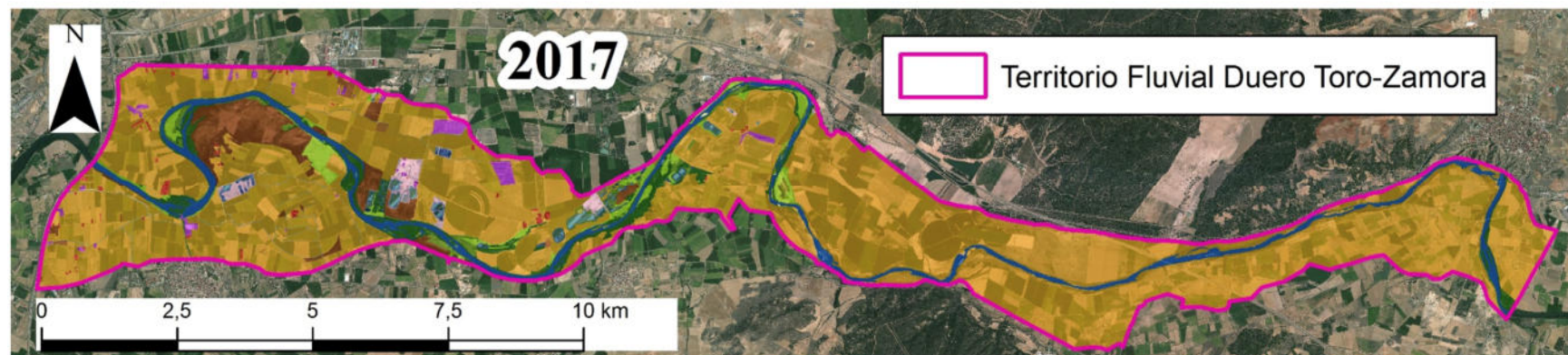
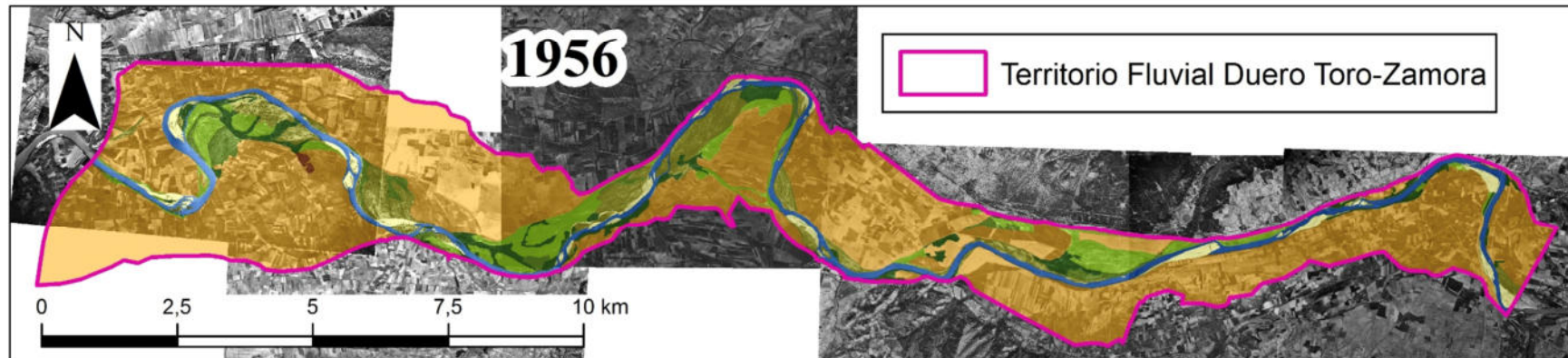


Estudios sobre dimensiones ecosistémicas

- ✓ Estudio de la variabilidad del territorio fluvial y de la dinámica (progresión regresión del río)

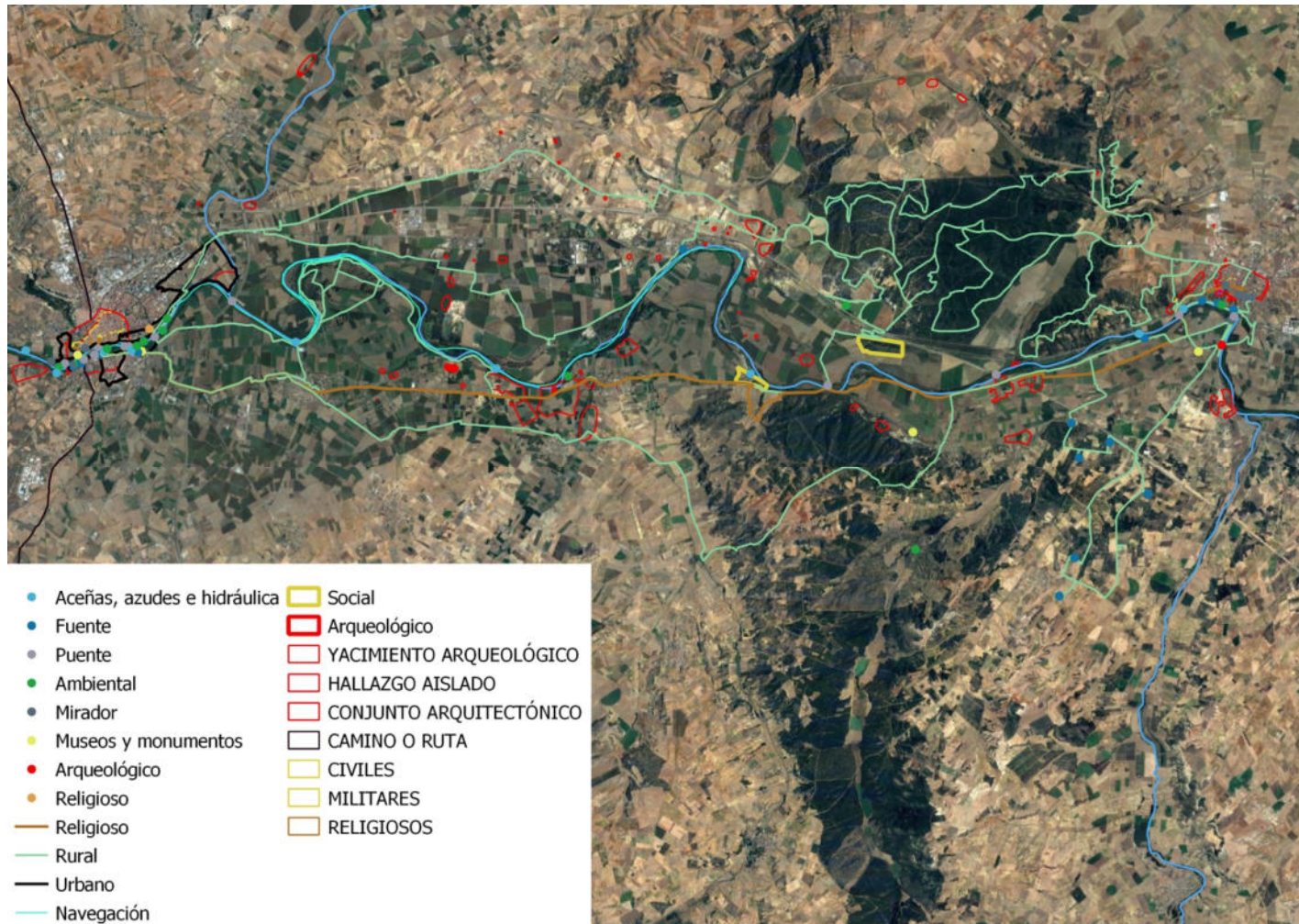
1. Digitalizaciones del área completa:

- Años 45, 56, 2017



Estudios sobre dimensiones ecosistémicas

✓ Estudio de los servicios ecosistémicos culturales del río Duero

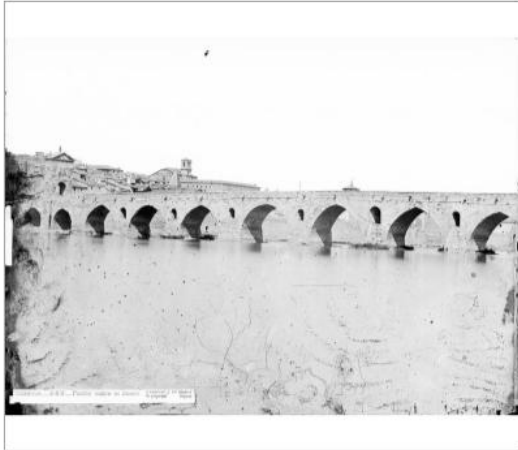


Estudios sobre dimensiones ecosistémicas

✓ Estudio de los servicios ecosistémicos culturales del río Duero

Inventario Fotográfico

Inventario Fotográfico

Autor	Laurent, J. (1816-1886)	Foto	
Fondo	Fototeca del Patrimonio Histórico. Ministerio de Educación Cultura y Deporte		
NInventario	VN-02899		
Archivo	RUIZ VERNACCI		
Título	ZAMORA- Puente sobre el Duero, primer cliché		
Fecha toma	1860-1886		
Tipo	Negativo		
Proced o soporte	Vidrio		
xutm	270484	Longitud	-5,74972 Maps
yutm	4597701	Latitud	41,49807
Lugar	Zamora	Materia	Obra civil; Puente; Ciudad; Río
WEB	Ira... http://www.mcu.es/fototeca_patrimonio/Visor?usarVisorMCU=true&archivo=RUIZ%20VERNACCI/preview/VN-02899_	Tipo/estilo	Paisajístico
Observaciones	Las torres del puente desaparecen con la remodelación de 1905-1907		

Registro: 1 de 108 Sin filtro Buscar

Estudios sobre dimensiones ecosistémicas

- ✓ Estudio de la capacidad de la llanura de inundación del río Duero para mitigar las inundaciones

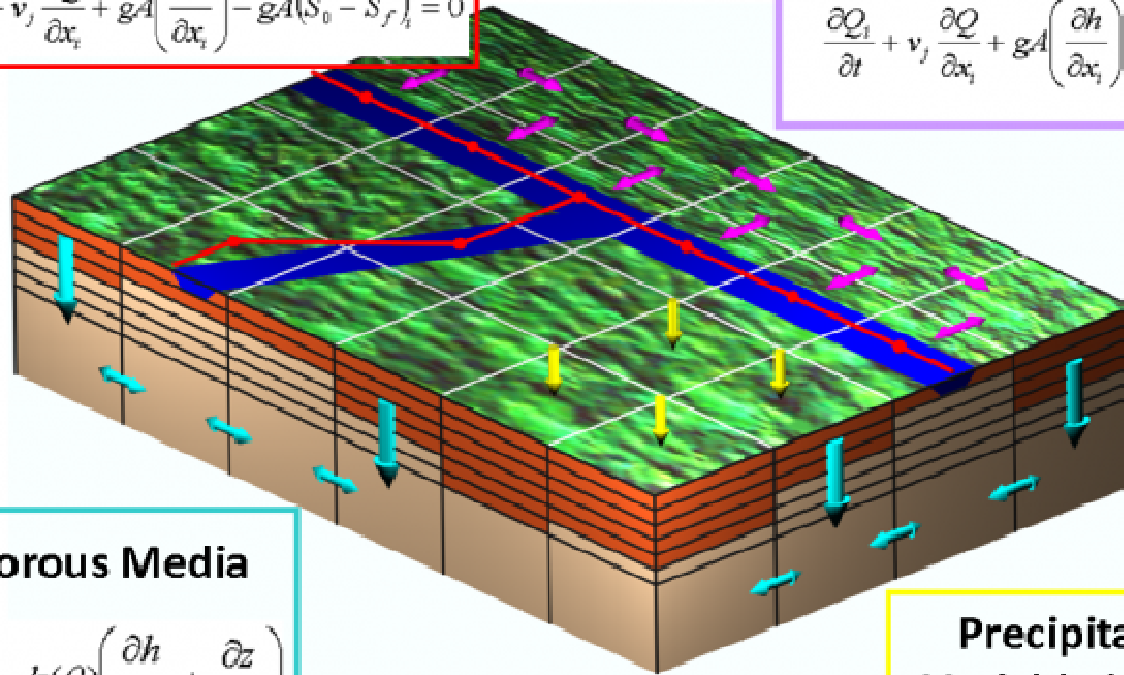
1D Drainage network

$$\frac{\partial Q_i}{\partial t} + v_j \frac{\partial Q}{\partial x_i} + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x_i} \right) - gA(S_0 - S_f)_i = 0$$

2D Overland Flow

$$\frac{\partial Q_i}{\partial t} + v_j \frac{\partial Q}{\partial x_i} + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x_i} \right) - gA(S_0 - S_f)_i = 0$$

Mohid Land



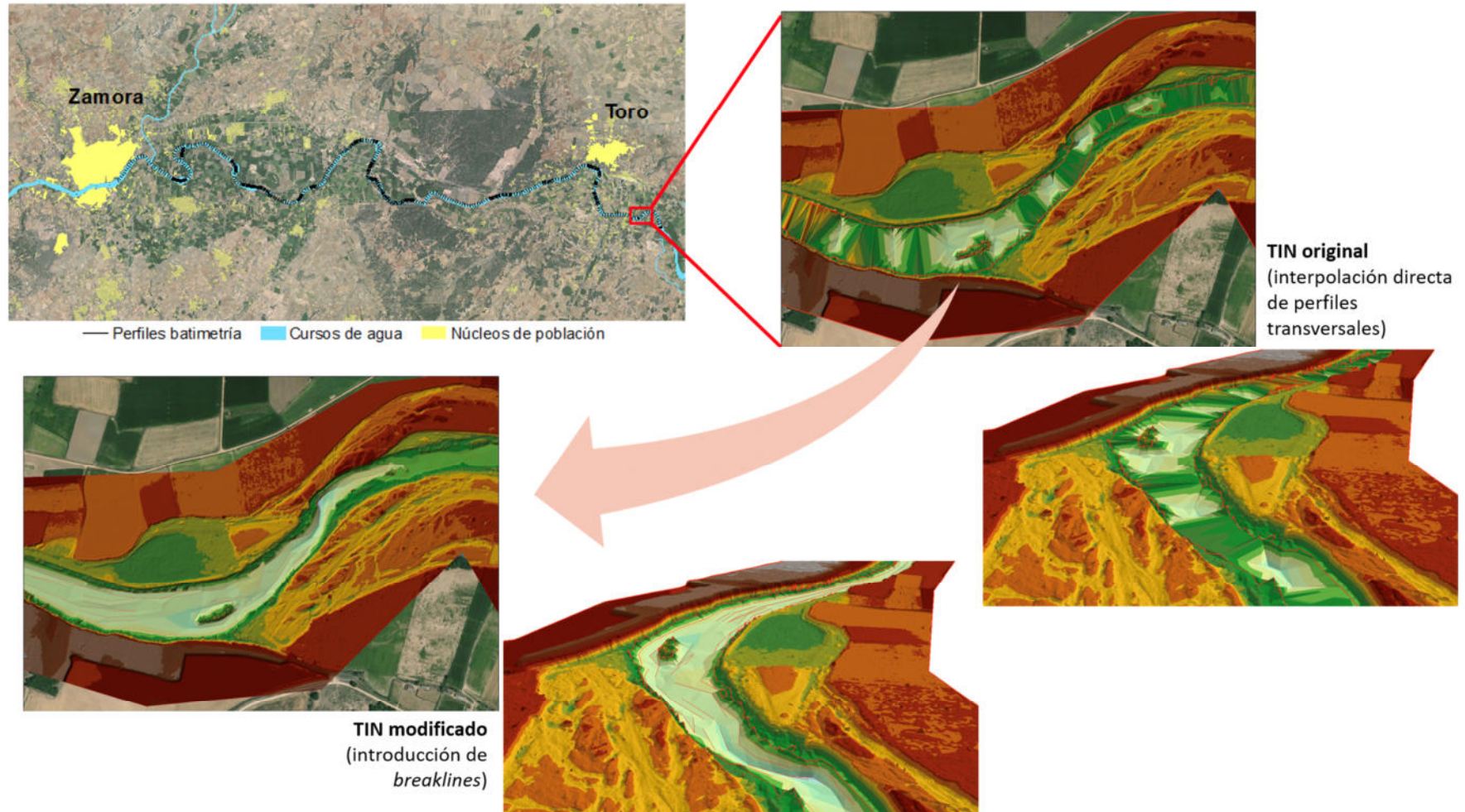
3D Porous Media

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -k(\theta) \left(\frac{\partial h}{\partial x_i} + \frac{\partial z}{\partial x_i} \right)$$

**Precipitation
Variable in Time
& Space**

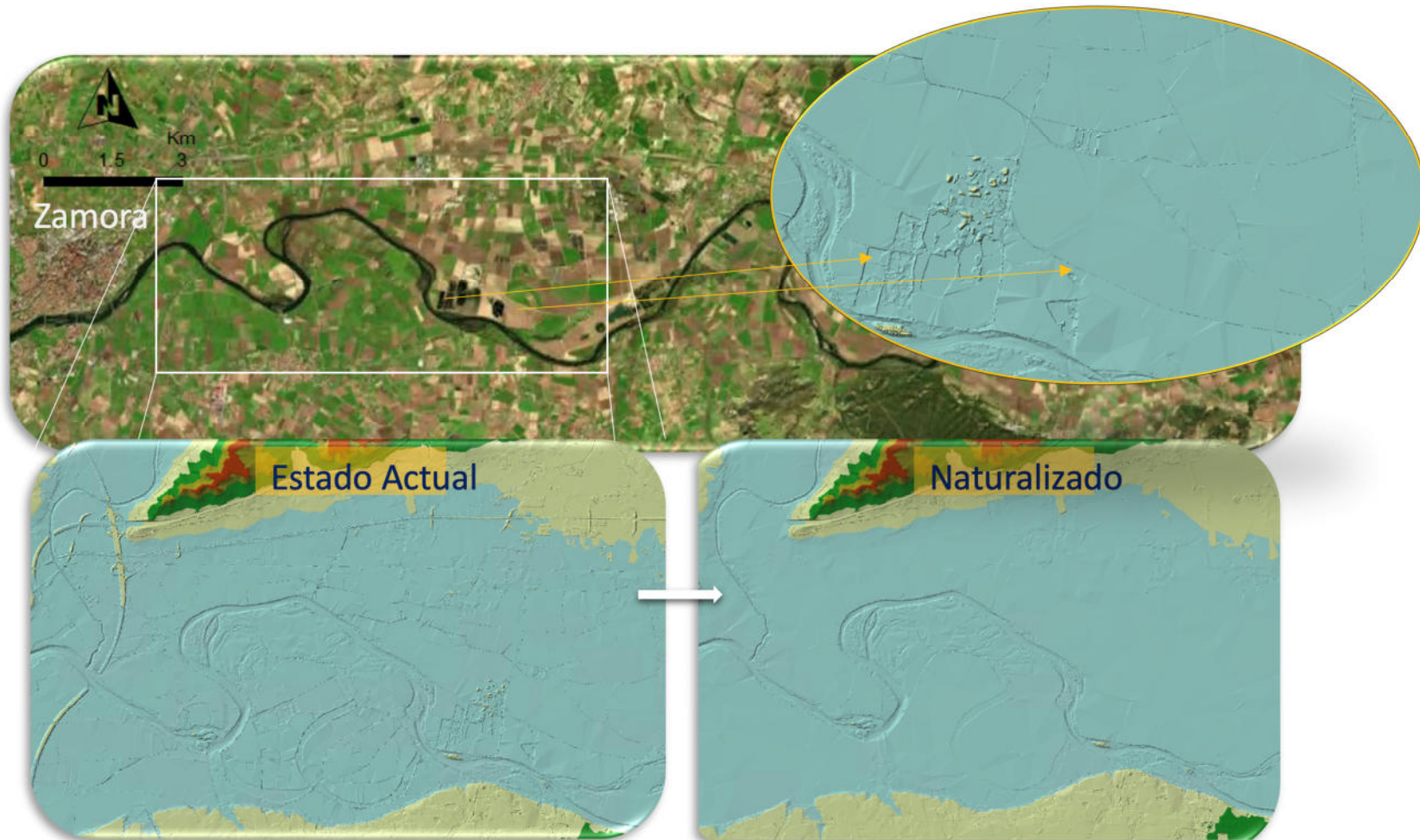
Estudios sobre dimensiones ecosistémicas

- ✓ Estudio de la capacidad de la llanura de inundación del río Duero para mitigar las inundaciones



Estudios sobre dimensiones ecosistémicas

- ✓ Estudio de la capacidad de la llanura de inundación del río Duero para mitigar las inundaciones



Dimensiones abordadas

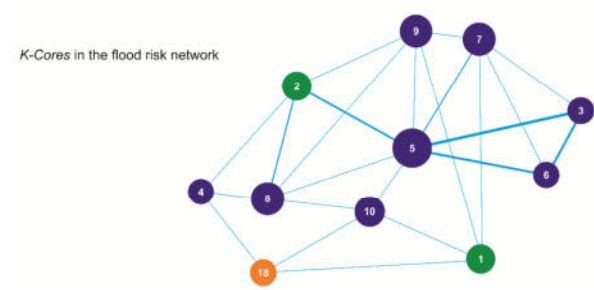
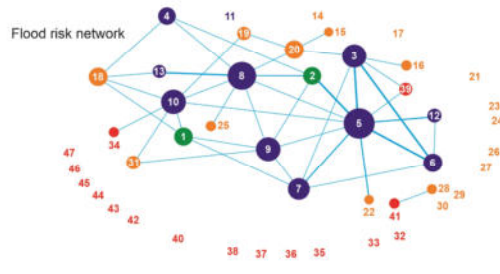
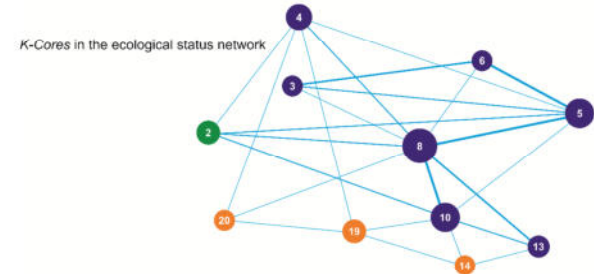
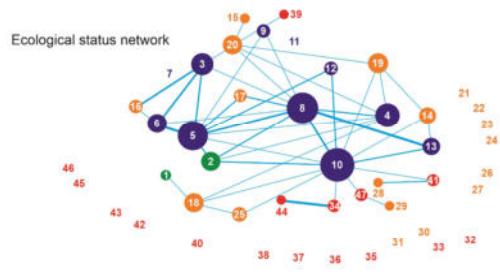
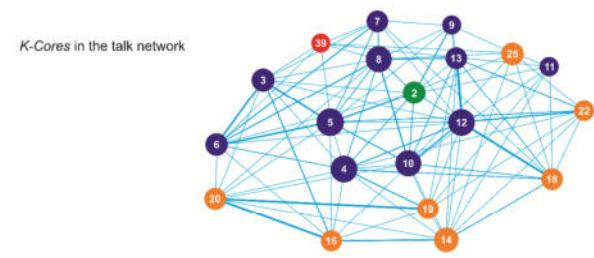
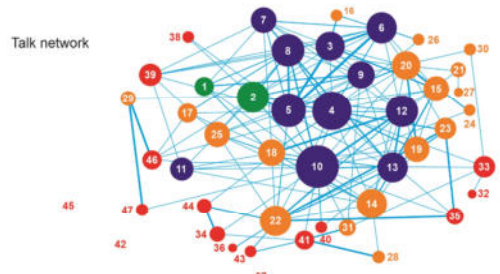


Integración de la dimensión socio-económica

✓ **Análisis de las partes interesadas del tramo del río Duero entre Toro y Zamora**

Variable	Cluster 1. Sceptics (46.8%)	Cluster 2. Enthusiasts of nature-based solutions and stakeholder engagement (27.7%)	Cluster 3. Defenders of holistic approaches (25.5%)	Total
Indicators (M)				
Dredging the river	2.6	1.2	4.1	2.6
Building new levees	2.7	1.4	3.5	2.5
Building reservoirs	2.7	2.1	4.0	2.9
Dam removal	2.2	2.9	3.2	2.7
Riparian restoration	3.6	4.1	4.2	3.9
Making room for the river	2.6	4.8	4.2	3.7
Forbidding urban development in flood-prone areas	3.6	4.7	4.5	4.1
Flood emergency response plan	3.9	4.3	4.9	4.3
Community participation in flood risk management	3.5	4.5	4.8	4.1
Covariates (%)				
<i>Sector</i>				
National intervenors	0.0%	0.0%	16.7%	4.3%
Decision makers	13.6%	46.2%	16.7%	23.4%
Civil society	45.5%	46.2%	16.7%	38.3%
Primary sector	0.0%	7.7%	8.3%	4.3%
Secondary sector	13.6%	0.0%	8.3%	8.5%
Tertiary sector	27.3%	0.0%	33.3%	21.3%
<i>Level</i>				
Local	54.5%	23.1%	50.0%	44.7%
Provincial	9.1%	7.7%	25.0%	12.8%
Regional	13.6%	46.2%	8.3%	21.3%
National	22.7%	23.1%	16.7%	21.3%

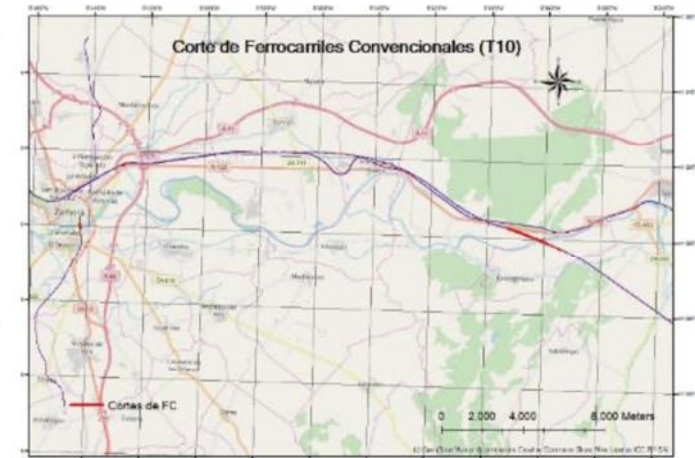
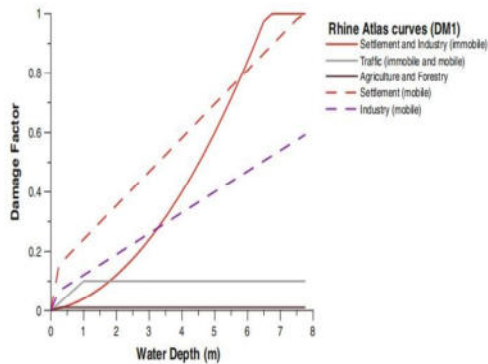
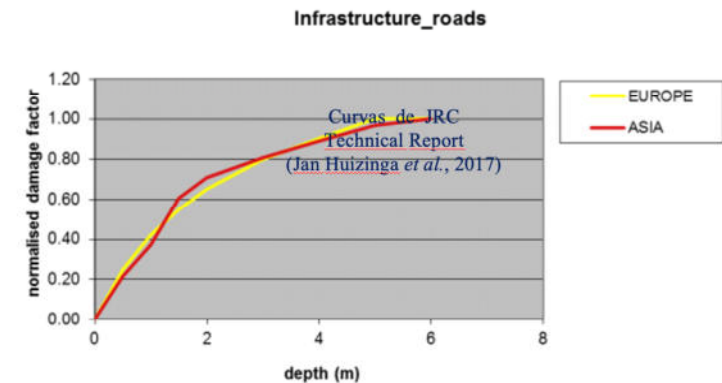
Note: For the indicators, the values marked with different colours indicate statistically significant differences in the means among the clusters based on paired comparison analyses. For the covariates, the highest percentages per row are shown in boldface.



Integración de la dimensión socio-económica

- ✓ Estimación de los daños potenciales de las inundaciones sobre las infraestructuras de transporte en el tramo Toro-Zamora

Periodo retorno	Carreteras	Ferrocarriles	Total M €
T10	1,6	1,0	2,6
T100	6,0	2,7	8,7
T500	10,0	6,5	16,5



06 CONCLUSIONES

Integración de la dimensión socio-económica

- ✓ Se están aplicando metodologías novedosas que permitirán una caracterización fiable del riesgo basado en la caracterización de todos los procesos implicados, así como en la evaluación de la **incertidumbre y su propagación**.
- ✓ Se ha integrado el análisis de las partes interesadas (**stakeholders**) en el análisis y la gestión del riesgo.
- ✓ Se han diseñado medidas de gestión basadas en la recuperación de la **capacidad geomorfológica** de las llanuras de inundación para laminar las inundaciones y retener agua y sedimentos.
- ✓ Se han diseñado medidas de gestión basadas en la recuperación de la **capacidad geomorfológica** de las llanuras de inundación para laminar las inundaciones y retener agua y sedimentos.
- ✓ En el futuro, se pretende ahondar en trabajos de investigación centrados en el análisis y la gestión integrada de las inundaciones, en los que se aborden todas las **dimensiones implicadas: social, económica, física, institucional y ecosistémica**.

Proyecto DRAINAGE



Tramo medio del río Duero.

CONAMA 2020

Congreso Nacional del Medio Ambiente. #Conama2020



¡Gracias!

#conama2020