



# INUNDACIONES Y SEQUÍAS

Análisis Multidisciplinar para Mitigar  
el Impacto de los Fenómenos  
Climáticos Extremos.

Joaquín Melgarejo Moreno  
M<sup>a</sup> Inmaculada López Ortiz  
Patricia Fernández Aracil

**(Editores)**

# **INUNDACIONES Y SEQUÍAS**

Análisis Multidisciplinar para Mitigar  
el Impacto de los Fenómenos  
Climáticos Extremos.

Joaquín Melgarejo Moreno  
M<sup>a</sup> Inmaculada López Ortiz  
Patricia Fernández Aracil

**(Editores)**

© los autores, 2021  
© de esta edición: Universitat d'Alacant

ISBN: 978-84-1302-138-6

Reservados todos los derechos. No se permite reproducir, almacenar en sistemas de recuperación de la información, ni transmitir alguna parte de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado -electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, etcétera-, sin el permiso previo de los titulares de la propiedad intelectual

# IMPORTANCIA DE LA FENOLOGÍA DE LOS CULTIVOS EN LA EVALUACIÓN Y MITIGACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN: RÍO DUERO ENTRE TORO Y ZAMORA

## **Andrés Díez Herrero**

Instituto Geológico y Minero de España (IGME, CSIC), España  
andres.diez@igme.es  
<https://orcid.org/0000-0003-1106-191X>

## **Julio Garrote Revilla**

Universidad Complutense de Madrid, España  
juliog@ucm.es  
<https://orcid.org/0000-0002-7727-8014>

## **Daniel Vázquez Tarrío**

Instituto Geológico y Minero de España (IGME, CSIC), España  
d.vazquez@igme.es  
<https://orcid.org/0000-0002-5658-4426>

## **Mario Hernández Ruiz**

Instituto Geológico y Minero de España (IGME, CSIC), España  
m.hernandez@igme.es  
<https://orcid.org/0000-0002-4088-2269>

## **RESUMEN**

Las afecciones potenciales a los cultivos agrícolas por las inundaciones suponen cuantitativamente las mayores extensiones de las áreas inundables y un fuerte impacto socioeconómico. Para la evaluación de las pérdidas potenciales por inundaciones en los cultivos agrícolas y para la adopción de medidas de mitigación del riesgo es fundamental conocer y gestionar la relación entre las inundaciones (temporalidad y magnitud) con la tipología y fenología de los cultivos. En el caso de los cultivos de regadío de las riberas del río Duero entre Toro y Zamora, el predominio de determinados cultivos (maíz) y sus ciclos de cultivo (abril-noviembre), hacen que sean perfectamente compatibles con la temporalidad de las inundaciones (noviembre-junio), minimizando los daños históricos. Por ello, se hace imprescindible la coordinación de las prácticas agrícolas óptimas con la selección, diseño y dimensionamiento de las medidas de mitigación incluidas en los planes de gestión del riesgo de inundación, para conseguir las mejores ratios coste-beneficio, no sólo ambientales sino también socioeconómicas.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Aunque, cuando ocurren inundaciones, las imágenes más impactantes y mediáticas suelen producirse en las áreas urbanas e industriales edificadas, la realidad es que la mayor parte de las zonas inundables son zonas rurales, y particularmente tierras dedicadas a usos y aprovechamien-

tos agrícolas, puesto que las llanuras de inundación son territorios extraordinariamente fértiles y cultivados desde la Prehistoria. Así lo demuestran las estadísticas tanto a nivel mundial como a escala nacional donde, de las 265.649 hectáreas de zonas inundables con 10 años de periodo de retorno en las cuencas intercomunitarias españolas, 151.131 ha (57 %) son usos agrícolas, frente a las 12.980 ha (5 %) de áreas urbanas. De la misma manera, de las más de 560.000 hectáreas en zona inundable para el periodo de retorno de 500 años, el 64 % son terrenos agrícolas y el 10% zonas urbanas (MITERD, 2021); además con un neto predominio de los cultivos de regadío (44 %), los cuales duplican en extensión en las zonas inundables al secano (20 %).

No sólo es importante cuantitativamente la extensión de los usos agrícolas en las zonas inundables, sino que también lo es socioeconómicamente para la población ribereña (Machetti Bermejo, 2019), puesto que el valor de la producción agrícola en zona inundable se acerca a los 2000 millones de euros, según cálculos preliminares solo en las cuencas intercomunitarias españolas (MITERD, 2021); destacando los frutales cítricos (>900 M€), cultivos herbáceos (>600 M€) y el frutal no cítrico (~350 M€).

Por esta importancia areal y socioeconómica de las actividades agrícolas en zonas inundables, desde hace décadas se han publicado diversas metodologías y casos de estudio de evaluación de las pérdidas potenciales por inundaciones en los campos agrícolas (Vega-Serratos et al., 2018); así como guías para la reducción de la vulnerabilidad de los campos agrícolas y con ello para la minimización del riesgo (Sánchez Martínez y Aparicio Martín, 2019).

En materia de evaluación o valoración del riesgo lo más habitual es el empleo de funciones magnitud-daño para los cultivos (Garrote et al., 2016), que relacionan parámetros de la inundación (profundidad de la lámina de agua, velocidad de la corriente, tiempo de anegamiento...) con los daños potenciales (en porcentaje de pérdidas del cultivo o económicas). Pero, como es lógico, estas funciones dependen notablemente del estado de desarrollo del cultivo (fenológico), porque las pérdidas en un cultivo herbáceo anual no serán las mismas si el terreno, cuando se produce la inundación, está aún sin sembrar, a si está sembrado, a medio ciclo de crecimiento, o a punto de ser recolectado. Igualmente, para los cultivos leñosos de frutales, las curvas deberían ser diferentes en los casos de los meses del periodo vegetativo que en la latencia del árbol.

Por todo lo anteriormente expuesto, las fases y el estado de crecimiento del cultivo agrícola, su fenología, debería ser de enorme importancia en la evaluación de posibles daños por inundaciones (Vega-Serratos et al., 2018) y en el diseño e implantación de medidas de mitigación del riesgo.

## **2. EL TRAMO DEL RÍO DUERO ENTRE TORO Y ZAMORA**

El río Duero, en su tramo medio-bajo en la submeseta septentrional de la península Ibérica, describe un tren de meandros aluviales libres entre las localidades de Toro y la ciudad de Zamora, con una dirección envolvente este-oeste, discurriendo por un valle en artesa de perfil transversal asimétrico, de unos 40 km de longitud (Fig. 1).

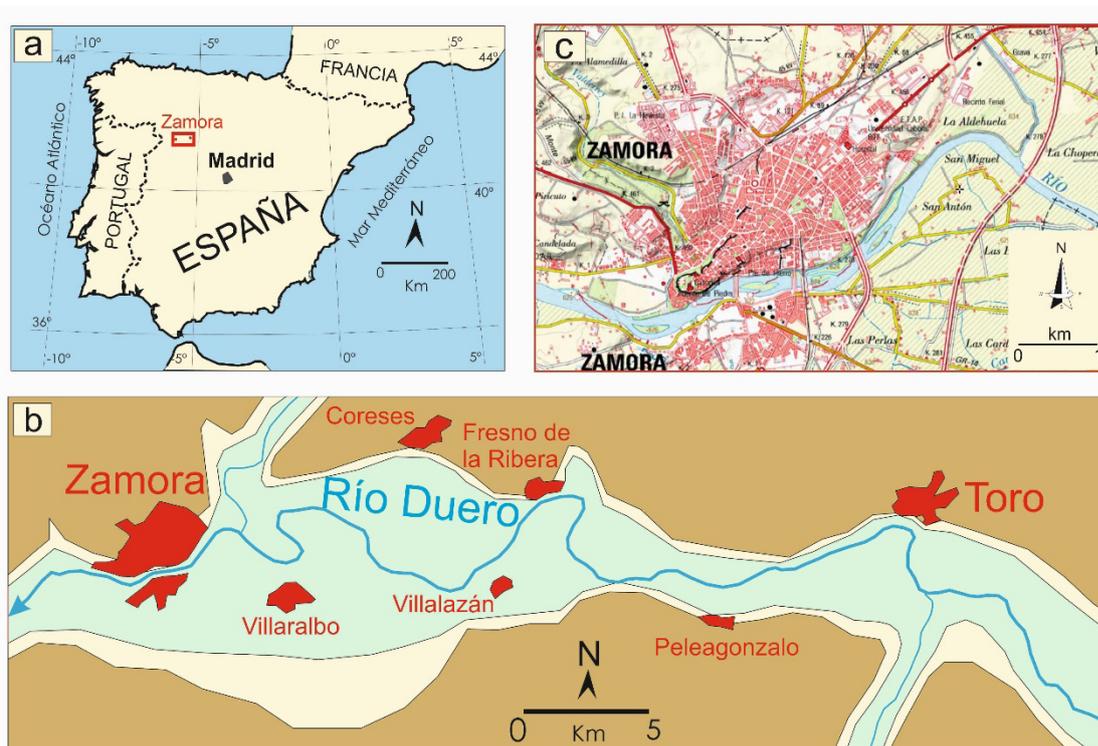


Figura 1. Mapas de situación del tramo del río Duero entre Toro y Zamora (a) y (b), y la ciudad de Zamora (c). Fuente: modificado de Garrote et al. (2021).

## 2.1. Temporalidad y magnitud de las inundaciones en el tramo Toro-Zamora

El tramo bajo del río Duero tiene frecuentemente avenidas que además son crecidas, ya que el ascenso de los caudales se produce lenta y progresivamente, con duración de varios días, incluso semanas, por lo que son predecibles y previsibles. Estas crecidas, cuando superan la capacidad del canal del cauce del río (unos 1500 m<sup>3</sup>/s), desbordan a las márgenes, produciendo inundaciones en la llanura de la ribera.

Hay registradas en la documentación histórica (manuscritos, limnimarcas, grabados, fotografías, vídeos) más de medio centenar de inundaciones históricas del Duero en el tramo Toro-Zamora desde el siglo XIV, media docena de ellas de magnitud catastrófica. Las fechas con las inundaciones históricas más importantes, cuyos caudales han sido estimados, fueron: 1709, 1739, 1860 (3000 m<sup>3</sup>/s), 1872 (1864 m<sup>3</sup>/s), 1873 (1860 m<sup>3</sup>/s), 1880 (2370 m<sup>3</sup>/s), 1881 (2210 m<sup>3</sup>/s), 1895 (2380 m<sup>3</sup>/s), 1900 (2098 m<sup>3</sup>/s), 1909 (2155 m<sup>3</sup>/s) y 1911 (1542 m<sup>3</sup>/s), 21-02-1936 (2130 m<sup>3</sup>/s) y 2001 (1980 m<sup>3</sup>/s).

De todas ellas, quizás la de mayores consecuencias económicas y sociales fue la de 1860, que supuso la destrucción y traslado de Peleagonzalo dos kilómetros hacia la cuesta (copla incluida) y múltiples daños en todas las localidades de la ribera, llegando a inundar la iglesia de San Frontis en Zamora.

Durante los últimos tres años (2018-2021) se han producido en Toro-Zamora un total de 17 crecidas ordinarias (>200 m<sup>3</sup>/s), de las que tan sólo una ha alcanzado los 1000 m<sup>3</sup>/s (24-12-2019, asociada al temporal-DANA Fabien).

A partir del análisis estadístico de los caudales registrados en las estaciones de aforo (Muñoz Guayanay et al., 2020; Garrote et al., 2021), e incorporando (o no) los caudales de las inundaciones históricas (Machado et al., 2018), se ha calculado la frecuencia con la que se producirán determinadas crecidas, expresado en sus periodos de retorno (Tabla 1).

CAUDALES PUNTA CRECIDA EN ZAMORA (m <sup>3</sup> /s)	PERIODOS DE RETORNO (T) EN AÑOS		
	T=10 años	T=100 años	T=500 años
Ministerio *	1869	4310	6977
Históricas**	1610	3450	4950
DRAINAGE***	1375	2745	4066

Tabla 1. Cuantiles de caudales punta (m<sup>3</sup>/s) de avenida en la ciudad de Zamora, para diferentes periodos de retorno, calculados por diferentes estudios: \* Segundo ciclo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables; \*\* Machado et al. (2018) y Benito et al. (en prensa); \*\*\* Garrote et al. (2021).

Mediante modelos hidráulicos informáticos que simulan por ordenador la circulación de esos caudales en el cauce y la ribera, se han elaborado los mapas de zonas inundables y de peligrosidad (calados o profundidades) para los diferentes periodos de retorno, que se pueden consultar en Internet en las páginas web del Ministerio (SNCZI) y la Confederación (CHD) aprovechando los visores cartográficos (Fig. 2).

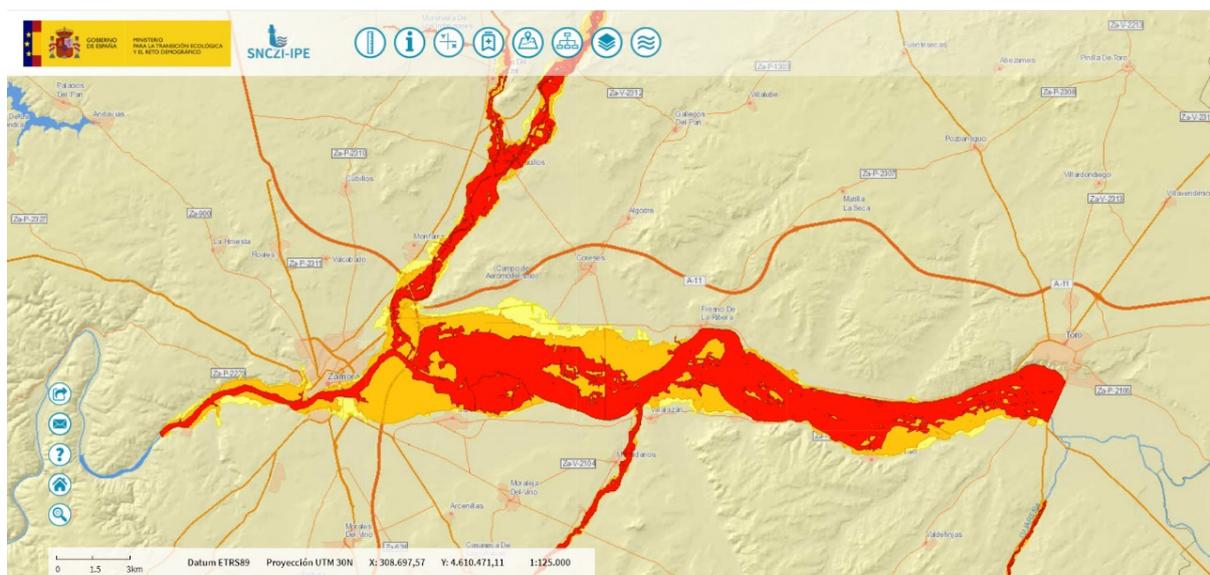


Figura 2. Cartografía de zonas inundables en el tramo del río Duero entre Toro y Zamora para periodos de retorno de 10 años (rojo), 100 años (naranja) y 500 años (amarillo). Fuente: Visor cartográfico del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, Dirección General del Agua (MITERD).

En cuanto a la temporalidad de los caudales de avenida de las que se dispone de fechas en las estaciones de aforo de Toro y Zamora, todas las puntas de crecida máxima anual se han producido entre los meses de noviembre y junio; nunca entre julio y octubre. Más en detalle, los caudales medios diarios máximos anuales ( $Q_c$ ) en la estación de Toro entre los años hidrológicos 1911/12 y 2016/17 (86 datos disponibles) se han concentrado, por este orden de mayor a menor, en los meses de: febrero (19), enero (17), marzo (15), abril (12), diciembre (8), mayo (7), noviembre (5) y junio (2). Y de ellos, los 13 años en los que se superaron caudales de 1500

m<sup>3</sup>/s, que con mayor probabilidad produjo el desbordamiento e inundación de la llanura, se repartieron entre: febrero (4), enero (4), marzo (3), abril (1) y diciembre (1). Algo semejante ocurre con los datos de caudales instantáneos máximos anuales (Qci) en la estación de Zamora (15 datos entre 2002/03 y 2016/17), con valores máximos en: febrero (5), enero (2), marzo (2), abril (2) y un único dato en noviembre, diciembre, mayo y junio.

Tampoco se observa, en un análisis superficial, una aparente tendencia clara en el cambio de temporalidad mensual de los caudales máximos medios diarios anuales (Qc) en los datos de la estación de aforos de Toro, de la que se dispone de datos desde hace más de un siglo (Figura 3). La moda y la media se sitúa en el mes de febrero.

Las inundaciones provocan al año daños valorados en 270.622 euros en la provincia de Zamora (promedio 2009-2013), según valoraciones de la Confederación Hidrográfica del Duero. Por otra parte, las pérdidas potenciales por inundaciones en las infraestructuras de transporte (carreteras y ferrocarril) se han estimado en cerca de 16,5 M€ para periodo de retorno de 500 años (Dai et al., 2020).

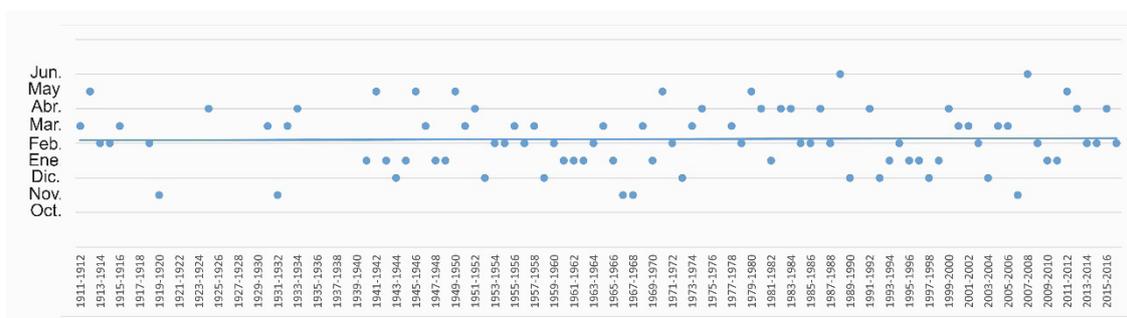


Figura 3. Distribución mensual de los valores de caudales máximos medios diarios anuales (Qc) registrados en la estación de aforos de Toro (puntos azules); y ajuste lineal de tendencia (línea azul). Fuente de los datos: Anuario de Aforos, Confederación Hidrográfica del Duero.

## 2.2. Ciclos y fenología de los cultivos de regadío en la ribera del tramo Toro-Zamora

Los cultivos agrícolas en la ribera del río Duero entre Toro y Zamora (Fig. 4) son mayoritariamente de regadío y, en muy alto porcentaje asociados a los regadíos del canal Toro-Zamora.

Los cultivos tradicionales eran remolacha y maíz, pero con la modernización de los cultivos se extendieron los cultivos hortícolas, como cebollas, zanahorias y guisante verde. Las fechas de la campaña de riego suelen ser del 1 de abril al 30 de septiembre, con un caudal de riego de unos 6 m<sup>3</sup>/s (antes se llegó a 11 m<sup>3</sup>/s). Según los datos contenidos en los mapas de cultivos de la Comunidad de regantes del canal Toro-Zamora (CRCTZ), los cultivos y las superficies regables de los últimos cinco años son los contenidos en la Tabla 2.

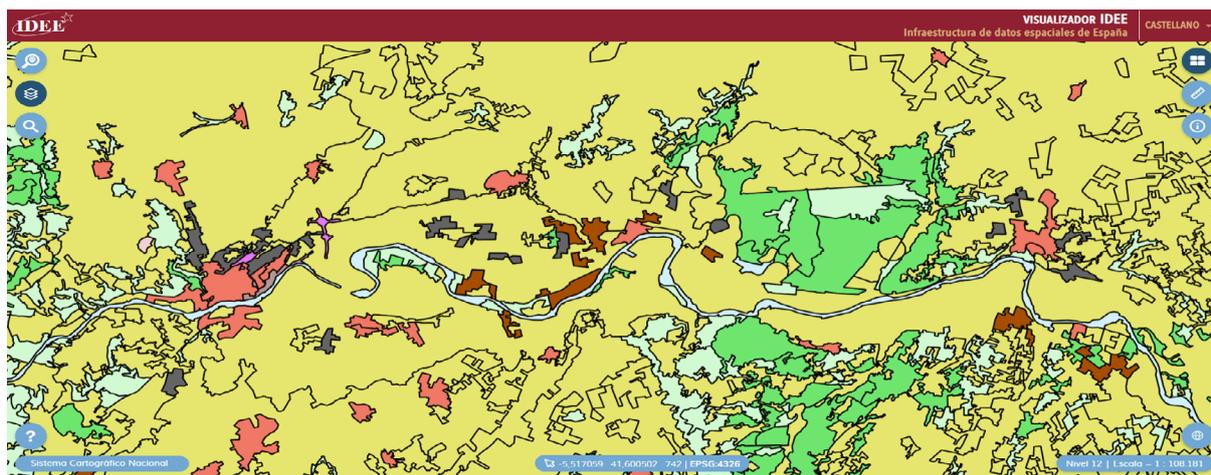


Figura 4. Mapa de usos del suelo existentes en el sector Toro-Zamora del valle del Duero. En color amarillo-beige, los usos agrícolas, que predominan en toda la ribera del río Duero. Fuente: Visualizador de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE).

CULTIVO	SUPERFICIE A REGAR (ha) EN AÑO				
	2017	2018	2019	2020	2021
Maíz	1822	1352	1522	2469	2822
Alfalfa	784	816	724	910	848
Guisantes	383	387	482	339	378
Cereales	702	769	539	761	273
Hortícolas	304	255	335	296	234
Frutales		133	108	128	133
Remolacha	480	297	235	151	132
Patatas	262	195	113	202	217
Girasol	944	206	80	39	43
Huertos	-	57	-	48	157
Otros	146	1319	-	217	243
Barbecho	1223	543	362	235	132
Pte cultivo	-	-	122	500	32
Superficie declarada	-	-	4622	6294	5644
Superficie sin declarar	-	-	2441	769	1403
Total CRCTZ	7050	6329	7063	7063	7047

Tabla 2. Tipos de cultivos y superficie a regar (en hectáreas) en los cinco últimos años en las márgenes del río Duero entre Toro y Zamora. Fuente: Mapa de cultivos, Comunidad de regantes del canal Toro-Zamora (datos provisionales basados en la ficha de cultivos que declara cada regante en la fecha límite de entrega).

Como se aprecia en la Tabla 2, de las más de 7000 hectáreas de regadío del canal Toro-Zamora, dos cultivos (maíz y alfalfa) suponen más de la mitad de superficie regable total. Y tan sólo un tipo de cultivo, el maíz, supone exactamente el 50 % de la superficie declarada en 2021, con una clara tendencia al aumento que casi ha duplicado la superficie declarada en los últimos tres años. Por el contrario, el cultivo de la remolacha casi se ha reducido a la cuarta parte en los últimos cinco años.

El cultivo del maíz (Ritchie y Hanway, 1982), en particular en los regadíos del canal Toro-Zamora, tiene un ciclo de cultivo y una fenología con ligeras variaciones según años, pero que como media se podría resumir en: se siembra a últimos de marzo o principios de abril; la época clave para el éxito de la cosecha, en cuanto a la disponibilidad hídrica y las condiciones meteorológicas, es del 15 de abril al 20 de mayo; los últimos riegos se suelen hacer en torno al 15 de octubre; antiguamente se empezaba a cosechar en diciembre y se podía prolongar hasta principios del año siguiente, aunque en la actualidad es muy variable, incluso a finales de octubre o principios de noviembre.

Los costes anuales de cultivo de una hectárea de maíz en esta zona, con carácter medio, podrían estimarse en 1800 a 2400 €/ha por laboreo, semillas y siembra y 550 €/ha por consumo de agua de regadío; aunque son variables en función de la superficie del campo y su morfología. Los beneficios de esa hectárea de maíz, con una producción estimada de 16 t/ha y un precio de venta de 178 €/t podrían rondar los 2848 €/ha. A título comparativo, los costes de otros cultivos presentes en el tramo Toro-Zamora suelen ser superiores: 3800 a 4000 €/ha para las patatas, zanahorias o cebollas; o 2000 €/ha para los guisantes verdes. Una hectárea de remolacha llega a producir 5000 € (a 60 €/t), pero los costes son de unos 36 €/t. Por lo que el maíz es un cultivo rentable en este sector de la ribera del Duero entre Toro y Zamora; y de ahí su incremento areal en los últimos años.

### 3. RELACIÓN ENTRE LAS INUNDACIONES Y LA FENOLOGÍA DE LOS CULTIVOS EN LA RIBERA DEL DUERO EN TORO-ZAMORA

#### 3.1. Interferencia espacio-temporal de las inundaciones y los cultivos en el tramo de la ribera del Duero entre Toro y Zamora

Desde el punto de vista espacial, la interferencia de las zonas inundables de la ribera del Duero entre Toro y Zamora (Fig. 3) con el mosaico de cultivos agrícolas (Fig. 4) genera una intersección de varios miles de hectáreas de cultivos potencialmente inundables, que han sido cartografiadas y cuantificadas areal y económicamente (daño estimado total cercano a los 98 M€ y riesgo anual estimado de unos 200000 €, para periodo de retorno de 500 años) en los mapas de riesgo de inundación, pero solo para las tres áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSI) de este tramo del valle (Toro, Fresno de la Ribera y Zamora; Fig. 5).

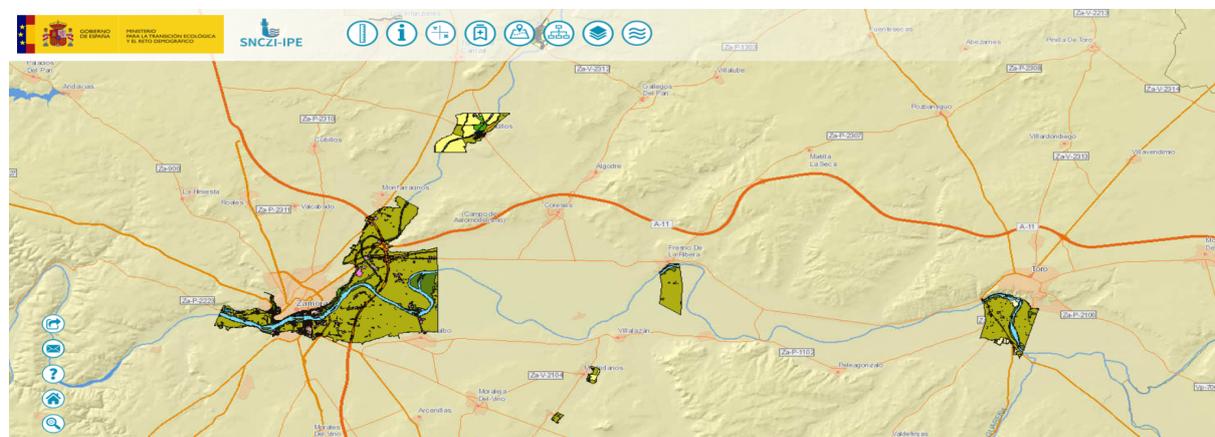


Figura 5. Mapa de riesgo de inundación para las actividades económicas de las tres ARPSI del sector Toro-Zamora. Fuente: Visor cartográfico del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, Dirección General del Agua (MITERD).

Desde el punto de vista temporal, como se puede apreciar comparando la temporalidad de los eventos de avenidas que han causado inundaciones en el último siglo, con los ciclos de cultivo del maíz y la alfalfa, apenas hay posibles meses de interferencia (abril-junio y noviembre-diciembre) con eventos significativos, por lo que normalmente las inundaciones han afectado a campos libres del cultivo, minimizando los daños al propio cultivo.

En las ocasiones en las que las inundaciones se han producido en los meses de abril o mayo (o incluso junio), si el agua anega un campo sembrado de maíz y permanece tiempo encharcado (4 a 6 días) y con cierta temperatura, pudre las semillas; pero sólo se producen arrastres del suelo y las mismas puntualmente. Aunque no se pudra la planta con la inundación, tras la misma la tierra hay que labrarla de nuevo. Si una crecida de febrero o marzo afecta inundando un campo sembrado, el maíz se puede sembrar después.

La única interferencia entre estos cultivos de regadío y las inundaciones recientes se ha materializado en los daños producidos por los eventos de 2001, abril de 2013 y diciembre de 2019; y no han sido afecciones a los cultivos, sino fundamentalmente a las instalaciones de distribución del riego, por sumersión total o parcial de tomas, hidrantes, ventosas, desagües u obturación de válvulas de corte en las arquetas. Las reclamaciones por daños han supuesto, en elementos como reposición de candados, limpieza de los fangos y depósitos, juntas, tornillería, válvulas y reposición de arquetas hundidas o dañadas.

A pesar de que los agricultores de la comarca afirman que los cultivos de regadío de este tipo no están contemplados en el seguro agrario por sequías o inundaciones, lo cierto es que en la actualidad la cobertura de inundación-lluvia torrencial está presente en todos los seguros y garantiza las pérdidas, no solo de la producción, sino también de la plantación, por muerte del árbol o de los plántones. Además, si se ha elegido la cobertura correspondiente, también garantiza las pérdidas en las instalaciones (invernaderos, parrales, espalderas e instalaciones de riego), como afirma el Presidente de Agroseguro (Machetti Bermejo, 2019). De hecho, el seguro agrario sí incluye las infraestructuras de riego según los daños consorciados, como prueba que la comunidad de regantes del canal Toro-Zamora haya solicitado indemnizaciones por cerca de 20.000 euros en cada uno de los dos últimos eventos de inundación de 2013 y 2019. Sin embargo, convendría incluir también la tipología de cultivo y su estado fenológico respecto a la temporalidad de las inundaciones en cada comarca, para que la asignación del nivel de riesgo (actualmente sólo siete zonas para toda la España peninsular) y la tarificación del seguro agrario estuvieran más ajustadas a la realidad de cada territorio; y no como ocurre actualmente, que se calcula con un único factor para cada tipo de cultivo.

Finalmente, la estimación de daños potenciales totales y de los daños anuales estimados, no deberían hacerse únicamente asignando cifras medias a amplias superficies de cultivo de regadío, como se incluye en las estimaciones de los mapas de riesgo del SNCZI, en los que se asignan uniformemente unas pérdidas de 5 €/m<sup>2</sup>, o sea, 50.000 € por hectárea (unas 17 veces el precio de la cosecha media de maíz); sino teniendo en cuenta la tipología de cultivo concreta de cada polígono y la citada correlación entre la fenología del mismo con la temporalidad de las inundaciones en cada sector de la ribera; lo que, sin duda, ajustaría el cálculo de daños, actualmente sobreestimado al alza para este sector y determinados cultivos como el maíz.

### 3.2. Fenología de los cultivos y medidas de mitigación del riesgo de inundación en Toro-Zamora

A la vista de las posibles interferencias entre estados fenológicos de los cultivos y las inundaciones, la selección, diseño y dimensionamiento de las medidas de mitigación del riesgo contempladas en los planes de gestión del riesgo de inundación que se proyecten en este tramo del río Duero deberían tener en cuenta los tipos de cultivos de las zonas potencialmente afectadas. Tanto es así, que soluciones propuestas por el proyecto DRAINAGE (Magdaleno et al., 2019) como el retranqueo o eliminación de motas, la creación de zonas de desbordamiento preferente, la ampliación del espacio fluvial de movilidad del tren de meandros del río, o la recuperación de curvas de meandro abandonadas, deberían llevar acordes un plan de gestión de los cultivos agrícolas potencialmente afectadas.

Así pues, en las nuevas zonas donde se van a producir un mayor número de eventos que en la actualidad, por eliminación de barreras longitudinales o transversales o por reconexión con el cauce, se deberían primar cultivos con ciclos fenológicos acordes a la temporalidad de las inundaciones más frecuentes (noviembre-junio), como el maíz. Además, con variedades y prácticas agrícolas que permitan la siembra más tardía posible (abril o mayo) y la cosecha lo más temprana posible (octubre o noviembre), siempre que las condiciones meteorológicas de ese año lo permitan.

Es más, en los análisis costo-beneficio de optimización de las medidas de mitigación del riesgo, obligatorios en los PGRI, deberían tenerse en cuenta los costos de los daños en los cultivos en los diferentes estados fenológicos y los beneficios de los diferentes tipos de cultivos calculados específicamente para este territorio.

## 4. CONCLUSIONES

El análisis pormenorizado de la información sobre los cultivos agrícolas y su fenología en un territorio, con datos estadísticos oficiales y consulta a los agricultores locales, debería ser fundamental para la evaluación del riesgo por inundaciones en zonas rurales, así como para la selección, diseño y dimensionamiento de las medidas de mitigación del riesgo de inundación. En el caso particular del tramo de las márgenes del río Duero entre Toro y Zamora se recomienda que los terrenos que incrementen su inundabilidad con las nuevas medidas de mitigación del riesgo de inundación, y cuya vocación de uso sea agrícola, se cultiven con maíz de unas variedades de crecimiento rápido (siembra tardía y recolección temprana), para minimizar el riesgo de daños en el cultivo y conseguir las mejores ratios de coste-beneficio.

## AGRADECIMIENTOS

Esta propuesta forma parte del grupo de tareas de análisis de riesgo de inundación (GT1), del proyecto de investigación del Plan Nacional de I+D+i DRAINAGE (CGL2017-83546-C3-R MINEICO/AEI/FEDER, UE). Especial agradecimiento quieren realizar los autores al Presidente (D. Pedro Pablo Ballesteros Pastor) y la Secretaria/Técnico (Dña. Cristina Campo Pedruelo) de la Comunidad de regantes del canal Toro-Zamora, sin cuya valiosa información verbal y documentación no se hubiera podido realizar este estudio.

## REFERENCIAS

- Dai, L., Romana García, M., y Díez Herrero, A. (2020). Estimación económica de daños potenciales sobre infraestructuras de transporte por inundaciones en el tramo Toro-Zamora. En: M. I. López Ortiz y J. Melgarejo Moreno (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes* (pp. 1257-1266). Universitat d'Alacant.
- Garrote, J., Alvarenga, F. M., y Díez-Herrero, A. (2016). Quantification of flash flood economic risk using ultra-detailed stage–damage functions and 2-D hydraulic models. *Journal of Hydrology*, 541, 611–625.
- Garrote, J., Peña, E., y Díez-Herrero, A. (2021). Probabilistic Flood Hazard Maps from Monte Carlo Derived Peak Flow Values—An Application to Flood Risk Management in Zamora City (Spain). *Applied Sciences*, 2021, 11, 6629, 20 pp. <https://doi.org/10.3390/app11146629>
- Machado, M. J., Castillo, O., Barriendos, M., Calle, M., Greenbaum, N., Medialdea, A. Sanchez-Moya, Y., y Benito, G. (2018). Evaluación de la peligrosidad de las crecidas extraordinarias del río Duero en Zamora: hidrología histórica, hidráulica y patrimonio histórico. En: C. Garcia, L. Gómez-Pujol, E. Morán-Tejeda R. J. y Batalla (Eds.), *Geomorfología del Antropoceno. Efectos del Cambio Global sobre los procesos geomorfológicos* (pp. 355-358). Universitat de les Illes Balears, Sociedad Española de Geomorfología.
- Machetti Bermejo, I. (2019). El riesgo de inundación en la agricultura. *Consorsegueros, Revista Digital*, 11, 1-12.
- Magdaleno, F., Cortés, F., Molina, B., Díez-Herrero, A., y Bodoque, J. M. (2019). El Proyecto Drainage: Avances metodológicos para la integración de la mitigación del riesgo de inundaciones con la mejora del estado de las masas de agua. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 45(1), 127-134. <https://doi.org/10.31167/csecfv2i45.19507>
- MITERD (2021). *Resumen ejecutivo de la caracterización de la peligrosidad y riesgo por inundación fluvial en los PGRI de 2º ciclo en las cuencas intercomunitarias (2022-2027)*. Planes de Gestión del Riesgo de Inundación. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Muñoz Guayanay, J. F., Guardiola Albert, C., y Díez Herrero, A. (2020). Estimación geoes-tadística de caudales máximos de avenida en el tramo Toro-Zamora: posible incidencia de la sinuosidad del río Duero en la laminación de las puntas de crecida. En: M. I. López Ortiz y J. Melgarejo Moreno (Eds.), *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes* (pp. 367-376). Universitat d'Alacant.
- Ritchie, S., y Hanway, J. (1982). How a corn plant develops. *Special Report*, 48. Iowa State University, Cooperative Extension Service.
- Sánchez Martínez, F. J., y Aparicio Martín, M. (2019). *Guías de adaptación al riesgo de inundación: explotaciones agrícolas y ganaderas*. Dirección General del Agua, Subdirección General de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico, Ministerio para la Transición Ecológica, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones.
- Vega-Serratos, B. E., Domínguez-Mora, R., y Posada-Vanegas, G. (2018). Evaluación estacional del riesgo por inundación en zonas agrícolas. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 9(3), 92-117. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-03-04>