

Planes para la gestión de la emergencia por inundación en los municipios de Navarra. Proyecto Life NAdapta de adaptación al cambio climático.

Loizu Maeztu, Javier^a, Sanz Azcarate, Luis^a, Zaragüeta Arrizabalaga, Eva^a, Varela Álvarez, Ana^a, Castiella Canalejo, Ana^a, y Zuazo Onagoitia, Pedro^b

GAN-NIK Gestión Ambiental de Navarra – Nafarroako Ingurumen Kudeaketa (C/ Padre Adoain 219, C.P. 31015. Pamplona-Iruña, floizuma@gan-nik.es), ^bDepartamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, Gobierno de Navarra (C/ Gonzalez Tablas, 9. C.P. 31005. Pamplona-Iruña, pzuazon@navarra.es).

RESUMEN

El proyecto LIFE NADAPTA fomenta la adaptación de Navarra al cambio climático, incidiendo en diferentes áreas, siendo el agua una de ellas. Actualmente (junio de 2023) el Plan Especial de emergencias ante el riesgo de inundación de la Comunidad Foral de Navarra determina que 50 municipios navarros deben contar con planes locales para gestionar la emergencia por inundación. El proyecto NAdapta ha colaborado en la redacción y/o en el desarrollo de plataformas digitales para la gestión de dichos planes. Gracias a las diferentes redes con observación de caudales y pluviometría en la geografía navarra, los planes pueden definir unos valores umbrales a partir de los cuales se van a ir activando los diferentes niveles de emergencia en los que se estructuran estos planes. Las herramientas informáticas – versión Web y App – desarrolladas para cada municipio, facilitan la recepción de los avisos por parte de alcaldía, policías municipales y brigadas de servicios de cada ayuntamiento, así como se facilita también la alerta a la población vía envío masivo de SMS.

Palabras clave | Inundaciones; planes locales; auto-protección; gestión de la emergencia; Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación ARPSI; datos hidroclimáticos en tiempo real;

1. INTRODUCCIÓN. PROYECTO LIFE NADAPTA.

En Navarra, en los últimos años, se han sucedido una serie de eventos de lluvias intensas e inundaciones asociadas, que han hecho aumentar la conciencia tanto de ciudadanos como de responsables municipales acerca de los riesgos de inundación existentes en sus términos municipales. Lluvias de intensidades extremas como las que afectaron a las localidades de Tafalla y Olite en julio de 2019 (Figura 1), en la zona de clima mediterráneo de Navarra, así como los efectos de la borrasca Barra, que en diciembre de 2021 produjeron inundaciones tanto en la vertiente cantábrica como en la mediterránea de Navarra, han aumentado el interés de los responsables de los ayuntamientos navarros por contar con planes para gestionar los eventos de sus ríos y barrancos.

Los tramos de los ríos en los que se tiene constancia de existir riesgo de ocurrir inundaciones, son identificados y actualizados periódicamente por las Confederaciones Hidrográficas. En concreto, en Navarra la Confederación Hidrográfica del Cantábrico (CHC) ha identificado 15 zonas de Alto Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI), mientras que la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) tiene documentadas 12 ARPSIS en Navarra. En total son 81 sub-tramos, que llegan a afectar a 102 municipios navarros. En febrero de 2018 el Gobierno de Navarra actualizó su Plan Especial ante el riesgo de inundaciones de la Comunidad Foral de Navarra. En él, se definieron los 45 municipios que debían contar con un plan municipal para la gestión de las emergencias por inundación en cada localidad. Asimismo, en dicho Plan Especial, se definió también la estructura que debían seguir estos planes locales.

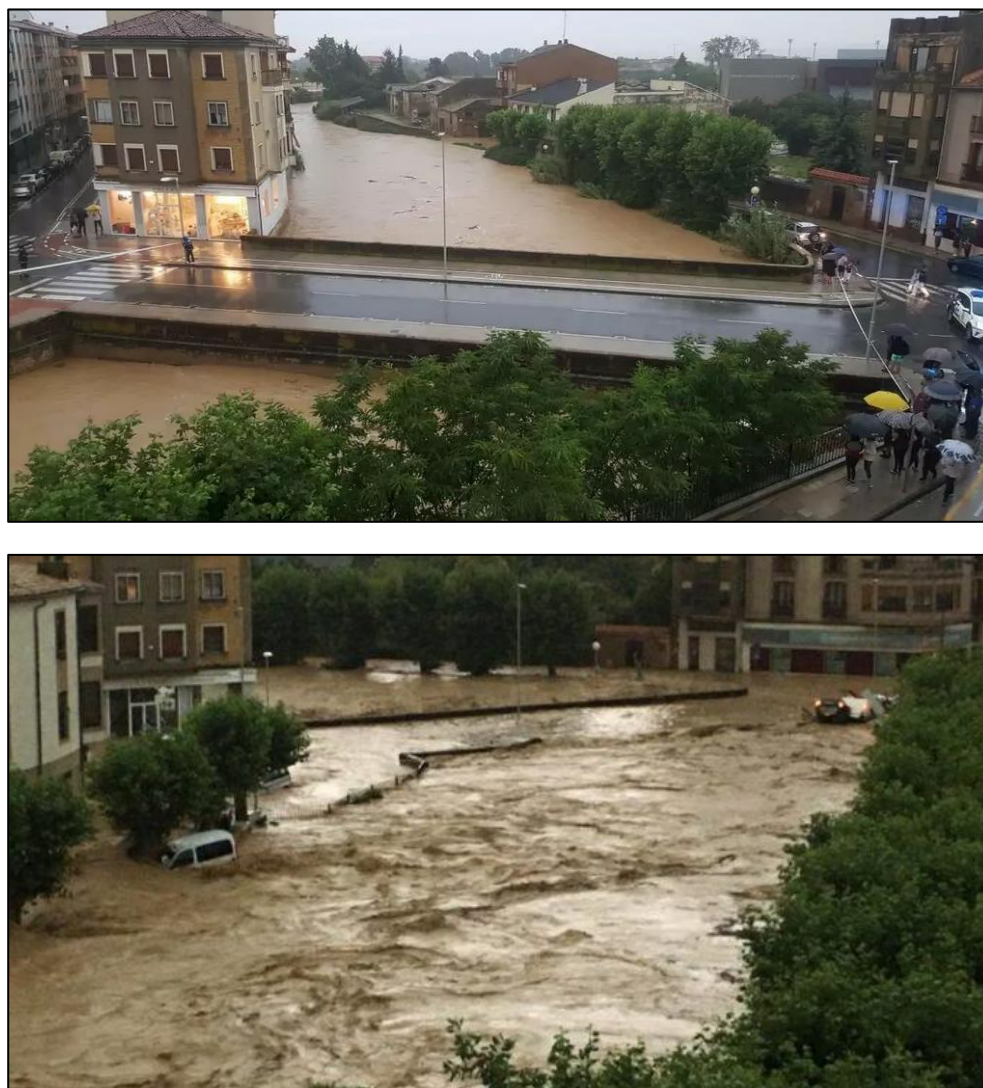


Figura 1 | Desbordamientos del río Cidacos afectando al puente principal de la localidad de Tafalla, durante el evento convectivo de julio de 2019, en el que se llegaron a recoger entre 60 y 170 mm en seis horas en las cabeceras de la cuenca. La fotografía superior muestra el momento en el que el puente entró en carga. Aquella tarde-noche el nivel del aforo del Cidacos en Olite pasó de 12 cm a 5,07 m, y el caudal de $\approx 1 \text{ m}^3/\text{s}$ a $350 \text{ m}^3/\text{s}$. El Consorcio de seguros estimó que resultaron dañadas 1.300 viviendas, 450 vehículos y 250 comercios por valor de 15 millones.

El proyecto LIFE16 IPC/ES/000001 – LIFE-IP NAdapta-CC (LIFE NAdapta) constituye una estrategia integrada regional para la adaptación al cambio climático, con el objetivo principal de aumentar la resiliencia en Navarra mediante la intersectorialidad, la sostenibilidad a largo plazo, la participación y trabajo en redes, contribuyendo a la puesta en marcha de todas las acciones recogidas en la Hoja de Ruta de lucha frente al Cambio Climático (HCCN-KLINa). El proyecto NAdapta consta de 6 áreas básicas de trabajo: Monitorización, Medio Local, Agua, Bosques, Agricultura y ganadería, Salud, e Infraestructuras y Planificación territorial y una serie de acciones horizontales y transversales. Dentro de las acciones relacionadas con el agua, la acción 2.5 incluía la selección de 17 municipios para la realización de su plan local de emergencias, así como de las herramientas informáticas para su gestión.

El resto de acciones relacionadas con el agua incluyen: sistemas de alerta temprana a nivel regional frente a inundaciones, el equipamiento de plantas de tratamiento y redes de aguas residuales para prevenir el impacto de éstos sobre los cauces ante eventos meteorológicos agudizados/intensificados por el Cambio Climático, la implantación de sistemas de drenaje sostenible urbanos, proyectos de restauración fluvial para reducir el impacto de las inundaciones y la evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para adaptar los planes sectoriales.

2. PLAN ESPECIAL DE EMERGENCIAS ANTE EL RIESGO DE INUNDACIONES DE LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA Y PLANES LOCALES

Plan especial de emergencias ante el riesgo de inundaciones de la C. F. de Navarra

En la figura 2 se muestra la localización de los 50 municipios, que, tras la reciente actualización de marzo de 2023, deben contar obligatoriamente con un plan local para la gestión de la emergencia por inundación. Hasta marzo de 2023 eran 45 los municipios con obligación. En esta última actualización se han añadido: Peralta-Azkoien, Puente la Reina-Gares (ambos en la cuenca del río Arga), Marañón (cuenca del Ega) y Cascante y Tulebras (cuencas afluentes del eje del Ebro, en su margen derecho).

La primera fase de la acción 2.5 del proyecto NAdapta, fue la selección de los 17 municipios a los que se les iba a redactar su plan municipal con la financiación obtenida por el proyecto. Los municipios seleccionados fueron: Bera, Etxalar, Lesaka y Leitza en la vertiente cantábrica, y Ochagavía-Otsagabia, Estella-Lizarrá, Tafalla, Olite-Erriberri, Falces, Funes, Caparrosa, Lodosa, Azagra, Arguedas, Tudela, Buñuel y Cortes en la mediterránea (ver figura 2). Seis de estos municipios están afectados directamente por el cauce del propio río Ebro.

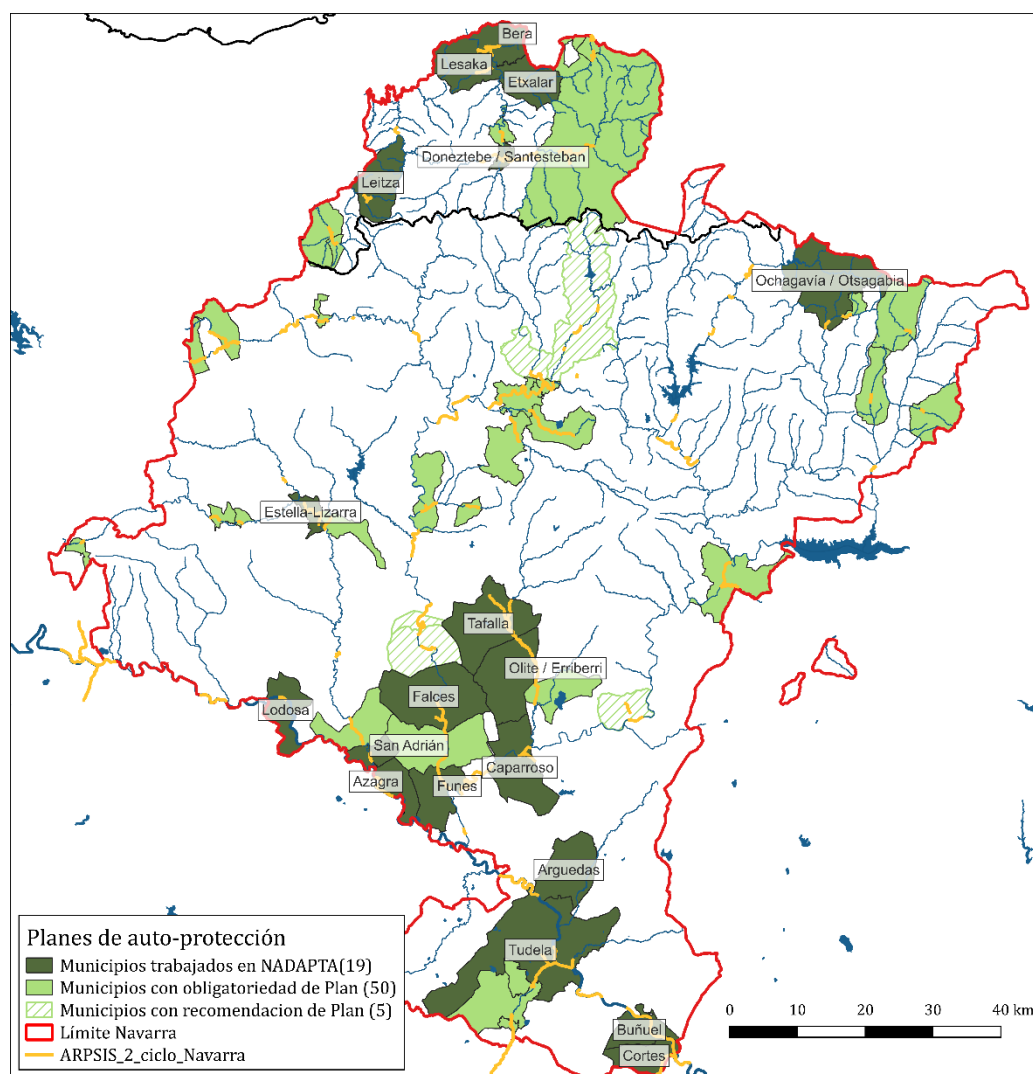


Figura 2 | Localización de los 50 municipios de Navarra que, desde marzo de 2023, tienen obligatoriedad legal de contar con un plan municipal para la gestión del riesgo de inundación. De ellos, en 19 municipios, los planes y/o la herramienta informática para la gestión del plan municipal han sido financiados por el proyecto LIFE NAdapta. Desde marzo de 2023, otros 5 municipios tienen también la recomendación legal de redactar su plan local.

La figura 2 muestra los 50 municipios que deben contar con plan municipal, así como los 17 a los que se les ha redactado el plan dentro del proyecto NAdapta. Dos nuevas localidades cuentan con herramienta informática

(Doneztebe/Santesteban y San Adrián), al haber renunciado a ella dos de las localidades inicialmente propuestas. La mayor parte de las 19 localidades con las que finalmente se ha trabajado en esta acción del proyecto se ven afectadas por los cauces principales de la región (Ega, Arga, Baztan-Bidasoa, Aragón y el propio Ebro), si bien algunas cuentan también con tramos ARPSI definidos en barrancos con cuencas de aportación y tiempos de concentración pequeños (Falces, Caparroso).

En la reciente actualización del Plan Especial de Navarra también se han incluido 5 localidades a las que se recomienda, pero no obliga, a la redacción de un plan local. Se trata de los municipios de Ezcabarte-Ezcabarte, Esteribar, Berbinzana, Miranda de Arga - todos ellos en la cuenca del río Arga -, y Murillo el Fruto, situado en la cuenca del río Aragón. Estos municipios con recomendación también se señalan en la figura de la página anterior. En esta figura 2, se muestran también los 81 sub-tramos ARPSI (2º ciclo [Directiva Inundaciones](#)) que afectan a ríos navarros.

Estructura de los Planes Locales en Navarra

La estructura que deben seguir los planes locales de los ayuntamientos navarros fue definida en el Plan Especial de Emergencias ante el riesgo de inundaciones de la Comunidad Foral de Navarra (versión 2018). En dicho Plan Especial se definió que los planes locales debían estructurarse en **4 documentos y una serie de anejos**, que se describen brevemente a continuación:

- 1) **Fundamentos:** en este primer documento se incluye, entre otras cosas, la información relativa a los estudios hidrológicos e hidráulicos previos que van a ser utilizados para la redacción inicial o actualización de cada plan.
- 2) **Análisis del riesgo:** este documento incluye la documentación y análisis de los eventos históricos ocurridos en cada localidad, así como la descripción de las cuencas y de las redes de estaciones de aforo o pluviométricas disponibles. Para la activación de los diferentes niveles de emergencia de cada plan, se emplean los datos suministrados en tiempo real cada 10-15 minutos por las redes de aforos de la CHE y del Gobierno de Navarra (GN), así como por las redes de pluviómetros de la CHE, GN y AEMET. En este segundo documento se muestran los datos de caudal históricos de las diferentes estaciones de aforo de importancia para cada plan (Figura 3, ejemplo de caudales del Ebro que circularon aguas arriba de Tudela, observados en la E.A. de Castejón).

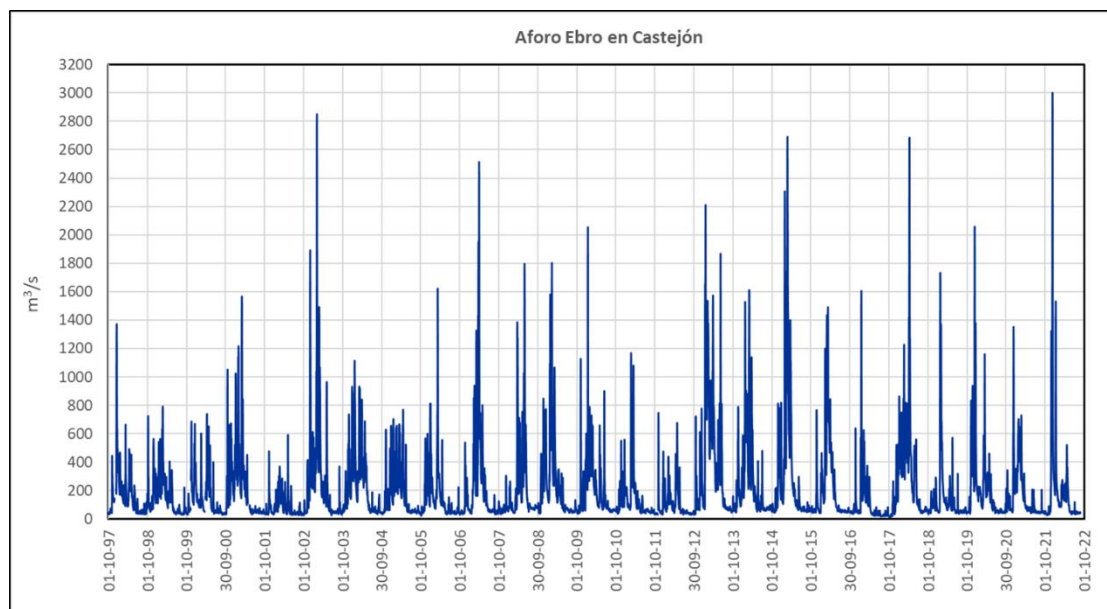


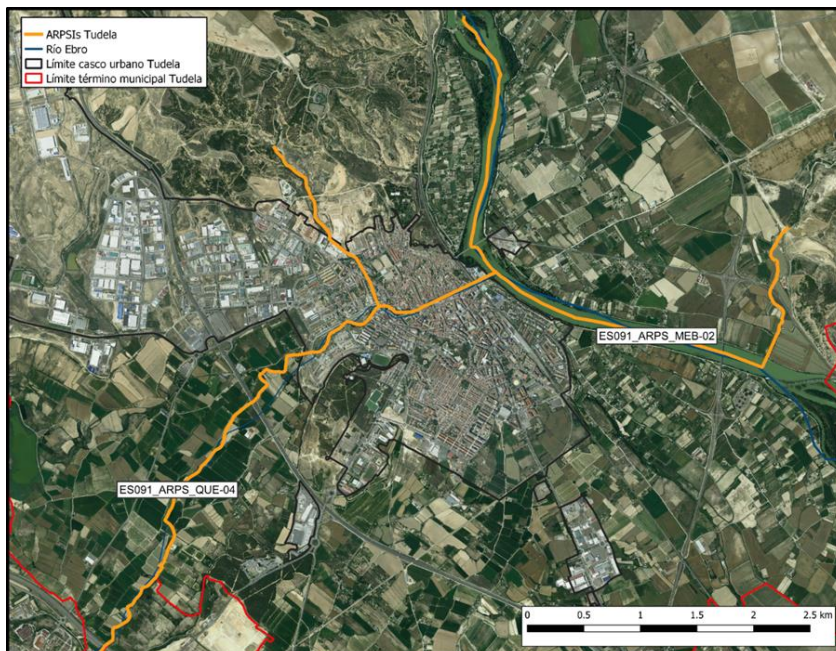
Figura 3 | Valores máximos diarios de los últimos 25 años hidrológicos (1997-2022), registrados en la estación de aforo del Ebro en Castejón (Obtenidos de la sección datos históricos de la CHE). Gráfico obtenido del Plan de Buñuel.

- 3) **Estructura y organización:** cada ayuntamiento debe designar a las personas que formarán parte del Centro de Coordinación Municipal (CECOPAL), responsable de comunicación a la población y de los distintos grupos operativos. La estructura municipal para la gestión de la emergencia varía en función del tamaño de cada ayuntamiento, si bien generalmente son 3 los grupos operativos: dirección del plan, policía municipal y brigada de servicios.

- 4) **Operatividad e implantación del plan:** este cuarto documento incluye las **fichas de actuación** y la **tabla de umbrales**, que son las partes centrales y operativas de los planes. Las tablas de umbrales constan de los niveles de caudal medidos en los ríos, o de los valores de acumulación de lluvia en un determinado número de horas – horas propuestas en relación al tiempo de concentración de las cuencas, generalmente en aquellas más pequeñas o sin estaciones de aforo

A modo de ejemplo, en la figura 4 se muestra la **tabla de umbrales del plan municipal de Tudela**, segunda localidad más poblada de Navarra y situada a orillas del río Ebro. Esta localidad, como se observa en la imagen que acompaña a estas líneas, se ve afectada por tramos ARPSIs definidos en los cauces de los ríos: 1) Ebro, 2) Queiles, y 3) barranco Mediavilla y Barranco de Tudela.

El riesgo más común para Tudela viene dado por las crecidas del propio río Ebro, para el cual se han definido umbrales de caudal observado en la estación de aforo de la CHE en la propia localidad, así como en la estación de aforo aguas arriba, en la localidad de Castejón, desde la que se dispone de entre 4 y 6 horas para la gestión de la emergencia en Tudela.



Para la activación de los diferentes niveles de emergencia del plan del Ebro en Tudela, se cuenta también con las previsiones que se efectúan desde el Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD) de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Este sistema realiza previsiones de caudal en este tramo del Ebro para las siguientes 72 horas, lo que ayuda a anticipar las acciones a realizar en planes como el de Tudela. Estos avisos anticipados son de gran utilidad en planes de localidades importantes como Tudela, en los que los diferentes grupos operativos deben colocar vallas en amplias zonas de la ciudad (Brigada de Servicios) o deben retirar vehículos de zonas de aparcamientos próximas al río (Policía Municipal).

Como se observa en la Tabla de Umbrales de la Figura 4, Tudela cuenta también con umbrales para la activación de diferentes niveles de emergencia por una posible crecida del río Queiles. En este caso, se cuenta con la observación de caudal en el río en dos puntos de aforo (Los Fayos y Tudela), así como con la observación de pluviometría acumulada en intervalos de 3, 5 o 10 horas en diferentes puntos, para anticipar en la medida de lo posible situaciones de riesgo en este cauce que circula canalizado bajo el casco urbano de la localidad. Por último, este municipio tiene previstos también avisos pluviométricos para alertar de situaciones de riesgo en diferentes barrancos catalogados como ARPSIs.

Para definir el número de horas en las que se evalúa la precipitación acumulada, se calcula el tiempo de concentración de los diferentes barrancos y cuencas de ríos. En algunos casos, como ocurre en el plan de gestión de los avisos en los barrancos de Tudela, al tratarse de cuencas con tiempos de concentración muy cortos, los planes se simplifican – eliminando niveles de emergencia –. De esta forma se consigue una gestión más óptima de la emergencia en circunstancias en las que apenas se dispone de 1 o 2 horas para la señalización y corte de calles, y para el aviso a los vecinos. En el caso de los barrancos de Tudela el plan consta únicamente de los siguientes niveles: Pre-emergencia, Emergencia 1 y Emergencia 2.

RESUMEN DE UMBRALES DE ALERTA PARA LAS FASES DE EMERGENCIA	PLAN ALERTAS DESBORDAMIENTOS RÍOS					PLAN ALERTAS INUNDACIÓN BARRANCOS BARRANCO MEDIAVILLA (ESPADAS) Y DE TUDELA					Descripción
	RÍO EBRO		RÍO QUEILES			CRITERIO PLUVIOMÉTRICO					
	CRITERIO HIDROLÓGICO		CRITERIO HIDROLÓGICO		CRITERIO PLUVIOMÉTRICO			CRITERIO PLUVIOMÉTRICO			
	• Superación de los umbrales de caudal registrados en AL MENOS UNA de las siguientes estaciones de aforo:		• Superación de los umbrales de caudal registrados en AL MENOS UNA de las siguientes estaciones de aforo:		• Superación de los umbrales acumulados de lluvia registrados en las siguientes estaciones pluviométricas:			• Superación de los umbrales acumulados de lluvia registrados en las siguientes estaciones pluviométricas:			
	EBRO EN CATEJÓN (A002) PREDICCIÓN DEL SAD DE LA CHE PARA CASTEJÓN	EBRO EN TUDELA (A284)	QUEILES EN LOS FAYOS (A174)	QUEILES EN TUDELA (A175)	1) Fuentes de Agreda (P014). 2) Repetidor de Val (R022). 3) Estación Meteorológica de Val (EM71). 4) Cabecera Canal de Tauste (C127).			1) Tudela (Montes del Cierzo). 2) Cabecera Canal de Tauste (C127).			
	m³/s		m³/s		l/m²			l/m²			
PRE-EMERGENCIA	1.100	900	30	30	3 horas 30	5 horas 40	10 horas 50	0,5 horas 20	1,5 hora 30	5 horas 40	Aumento significativo de caudales de los ríos en cabecera
EMERGENCIA 0	1.300	1.100	40	50	3 horas 40	5 horas 50	10 horas 60	---		Cauce al límite de su capacidad, sin iniciarse los desbordamientos	
EMERGENCIA 1	1.800	1.600	50	75	3 horas 60	5 horas 70	10 horas 80	0,5 horas 30	1,5 hora 50	5 horas 70	Desbordamientos con daños en las zonas ribereñas y puntos bajos, si bien estos no pueden catalogarse como "graves".
EMERGENCIA 2	2.200	2.000	100	125	3 horas 70	5 horas 80	10 horas 100	0,5 horas 50	1,5 hora 75	5 horas 100	Desbordamientos en zonas ribereñas con afecciones graves. Puede activarse el Plan Especial de Emergencias ante el riesgo de inundaciones de la C.F. de Navarra
EMERGENCIA 3	2.500	2.300	---	---	---			---		Activación del nivel máximo de emergencia	
VUELTA A LA NORMALIDAD	---	800	---	20	---			---		Niveles en los cauces estabilizados	

Figura 4 | Umbrales – de caudales observados, de previsión de caudales del Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD) de la Confederación Hidrográfica del Ebro, y de pluviometría observada – que sirven de criterio objetivo para la activación de los 3 planes que afectan al término municipal de Tudela (Río Ebro, río Queiles y barrancos Mediavilla y de Tudela).

Como norma general, en cualquier caso, todos los planes se estructuran en un primer nivel de pre-emergencia en el que se inicia el seguimiento de los caudales y acumulados de precipitación. Este nivel no se comunica todavía a la población. A continuación, se activan sucesivamente los niveles de emergencia 0, 1, 2 y 3 en función de la evolución de las avenidas. Los niveles 2 y 3 son los que indican ya la previsión de daños graves en la localidad. Gracias a la financiación del proyecto NAdapta, se han instalado en Navarra 4 nuevos pluviómetros, algunos en zonas como el pirineo, donde existía menor densidad de datos hidrometeorológicos en tiempo real, así como dos nuevas estaciones de aforo, incluyendo una en el tramo medio del río Baztan-Bidasoa, en de la vertiente cantábrica.

Anejos: los planes constan de 8 anejos, que incluyen los mapas de peligrosidad y riesgo oficiales de las confederaciones para cada localidad, así como los mapas de ubicación de las acciones a realizar por los responsables municipales al activarse cada nivel de emergencia, etc.

En la figura 5 se muestra un ejemplo de los **mapas de ubicación de las acciones previstas a realizar en un plan municipal**. El mapa aquí presentado a modo de ejemplo, indica la ubicación de las acciones que deben ser realizadas por los responsables municipales del Ayuntamiento de Buñuel al activarse el nivel de emergencia 2 (daños graves) en esta localidad cuyo término municipal es cruzado por el río Ebro, en la ribera de Navarra. El mapa superior, donde se muestra la ubicación de las acciones a realizar (cierre de tajaderas, avisos presenciales a vecinos, etc.) incluye también los Mapas de Peligrosidad asociados a diferentes periodos de retorno (10 y 100 años en el caso de este mapa. Otros ejemplos incluyen diferentes periodos de retorno, 2, 5, 25, 50 o 500 años). La fotografía aérea inferior, tomada durante una crecida del Ebro ocurrida en 2015 muestra cómo la zona afectada fue muy similar a la esperable con una frecuencia de 100 años.

En los anejos de cada plan se incluyen también: 1) Directorio de personas responsables en el plan, 2) catálogo de medios y recursos, 3) fuentes de información para el seguimiento pluviométrico, 4) consejos a la población, 5) información obtenida durante las visitas a campo para la redacción del plan, 6) marco legal de los planes, 7) análisis del planeamiento urbanístico del municipio, 8) análisis de posibles medidas estructurales a desarrollar para reducir la

vulnerabilidad de los elementos ubicados en el casco urbano, 9) plan anual de mantenimiento del río, 10) Plan de subvenciones para inversiones en sistemas de protección etc.



Figura 5 | Mapa de ubicación de las acciones a realizar al activarse la emergencia 2 en la localidad de Buñuel (imagen superior). Imagen aérea de la crecida del Ebro en Buñuel en febrero de 2015 (imagen inferior).

3. PARTICIPACIÓN DE LOS AYUNTAMIENTOS EN LA ELABORACIÓN DE LOS PLANES

Los trabajos de redacción de cada plan municipal se inician siempre con una reunión y una vista de campo conjunta de los técnicos de GAN-NIK, del Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente del Gobierno de Navarra y responsables municipales, para conocer de primera mano la problemática de la inundación y su gestión hasta la fecha en cada

localidad. La redacción del plan se trabaja de forma conjunta con los responsables del ayuntamiento, y una vez acordada la versión final del plan, se hacen presentaciones públicas a la población, generalmente en las casas de cultura de cada localidad, en las que también participan responsables del Servicio de Protección Civil y Emergencias del Gobierno de Navarra (Figura 7).

Una vez desarrolladas las herramientas informáticas que van a servir para facilitar la gestión de las emergencias – versión de escritorio y App, que trabajan de forma totalmente sincronizada –, se llevan a cabo sesiones de formación en las que participan todos los miembros del CECOPAL y los responsables de cada Grupo Operativo (Figura 11).



Figura 6 | Reunión de presentación del plan local de la localidad de Tafalla a los organismos más estrechamente ligados con su aplicación práctica. La operatividad del plan fue presentada por parte de los responsables municipales y de la empresa pública GAN-NIK a los siguientes agentes: Bomberos de Navarra, Guardia Civil, Protección Civil del Gobierno de Navarra, Voluntarios de Protección Civil de la zona Media de Navarra, Cruz Roja, etc.

Tras las graves afecciones ocurridas por el desbordamiento - muy repentino - del río Cidacos en las localidades de Tafalla y Olite-Erriberri, situadas en la zona media de Navarra, durante el intenso fenómeno convectivo que tuvo lugar en julio de 2019 (ver imágenes de la Figura 1), la involucración de los ayuntamientos y otros organismos de la zona en la elaboración de los planes municipales fue muy importante. Desde alcaldía de ambos ayuntamientos, así como desde las respectivas policías municipales y brigadas las aportaciones fueron muy importantes para la adecuada y completa redacción de sus planes municipales. En la figura 6 se muestra una fotografía de la primera presentación que el ayuntamiento de Tafalla efectuó para todos los agentes implicados en la gestión de la emergencia por inundación que participaron en las labores de ayuda durante la grave inundación de julio de 2019. Esta primera presentación se llevó a cabo en febrero de 2021, y la presentación pública a la población se efectuó en la Casa del Cultura de la localidad en julio de 2021 (Figura 7).



Figura 7 | Vecinos asistentes a la presentación de difusión del plan en la Casa de Cultura de la localidad de Tafalla. Presentación desarrollada el 01/07/2021.

4. GESTIÓN DIGITAL DE LA EMERGENCIA

Toda la información y la operatividad de cada plan se ha trasladado a un entorno digital, para facilitar a los responsables municipales el control y seguimiento de la aplicación del plan. Para ello, se ha creado para cada municipio una **versión Web** (Figura 8) y una **App** para móviles (Figura 9) de una herramienta desde la que: 1) hacer un seguimiento de los caudales y lluvias acumuladas, 2) llevar a cabo la activación de los niveles de emergencia, 3) conocer la disponibilidad de los empleados municipales, 4) hacer un seguimiento de las acciones llevadas a cabo por los diferentes grupos operativos involucrados, generalmente CECOPAL, Policías Municipales y Brigadas de Servicios, y 5) enviar de forma masiva SMS de alerta a la población. Aplicaciones similares han sido testadas en otras localizaciones como Brasil, Estados Unidos o México (Silva et al., 2017; Garcia et al., 2020). Los ciudadanos pueden inscribirse en las diferentes páginas webs desarrolladas, para recibir los avisos vía SMS, emitidos por las autoridades locales. La dirección del plan avisará a la población de la activación de cada nivel de emergencia, así como de las zonas del municipio que se espera se vean afectadas al activarse cada nivel. A continuación, se incluyen los enlaces a las webs desarrolladas, donde puede consultarse la documentación completa de cada plan:

Tabla 1 | Herramientas informáticas financiadas por el proyecto LIFE NAdapta en los diferente municipios.

Municipio	Página Web	Ríos / Barrancos
1. Bera	https://www.uholdeak-bera.tesicnor.com/	Bidasoa / Zia
2. Etxalar	https://www.uholdeak-etxalar.tesicnor.com/	Tximista
3. Lesaka	https://www.urraba-lesaka.tesicnor.com/	Bidasoa / Biurrana
4. Doneztebe/Santesteban	https://www.izokin-doneztebe.tesicnor.com/	Ezkurra / Ezpelura / Bidasoa
5. Estella-Lizarra	https://www.bola-estella.tesicnor.com/	Ega
6. San Adrián	https://www.inundacion-san-adrian.tesicnor.com/	Ega / Ebro
7. Tafalla	https://www.ura-tafalla.tesicnor.com/	Cidacos / Abaco
8. Olite-Erriberri	https://www.riada-olite.tesicnor.com/	Cidacos
9. Caparroso	https://www.avenida-caparroso.tesicnor.com/	Aragón / Barranco Salado
10. Falces	https://www.riada-falces.tesicnor.com/	Arga / Barranco El Pilón
11. Funes	https://www.riada-funes.tesicnor.com/	Arga / Aragón
12. Ochagavía-Otsagabia	https://www.ibaia-otsagabia.tesicnor.com/	Zatoia / Anduña / Salazar
13. Arguedas	https://www.inundaciones-arguedas.tesicnor.com/	Ebro / Barrio Chantrea
14. Tudela	https://www.riada-tudela.tesicnor.com/	Ebro / Queiles / Barranco Mediavilla
15. Cortes	https://www.tromba-cortes.tesicnor.com/	Huecha / Ebro

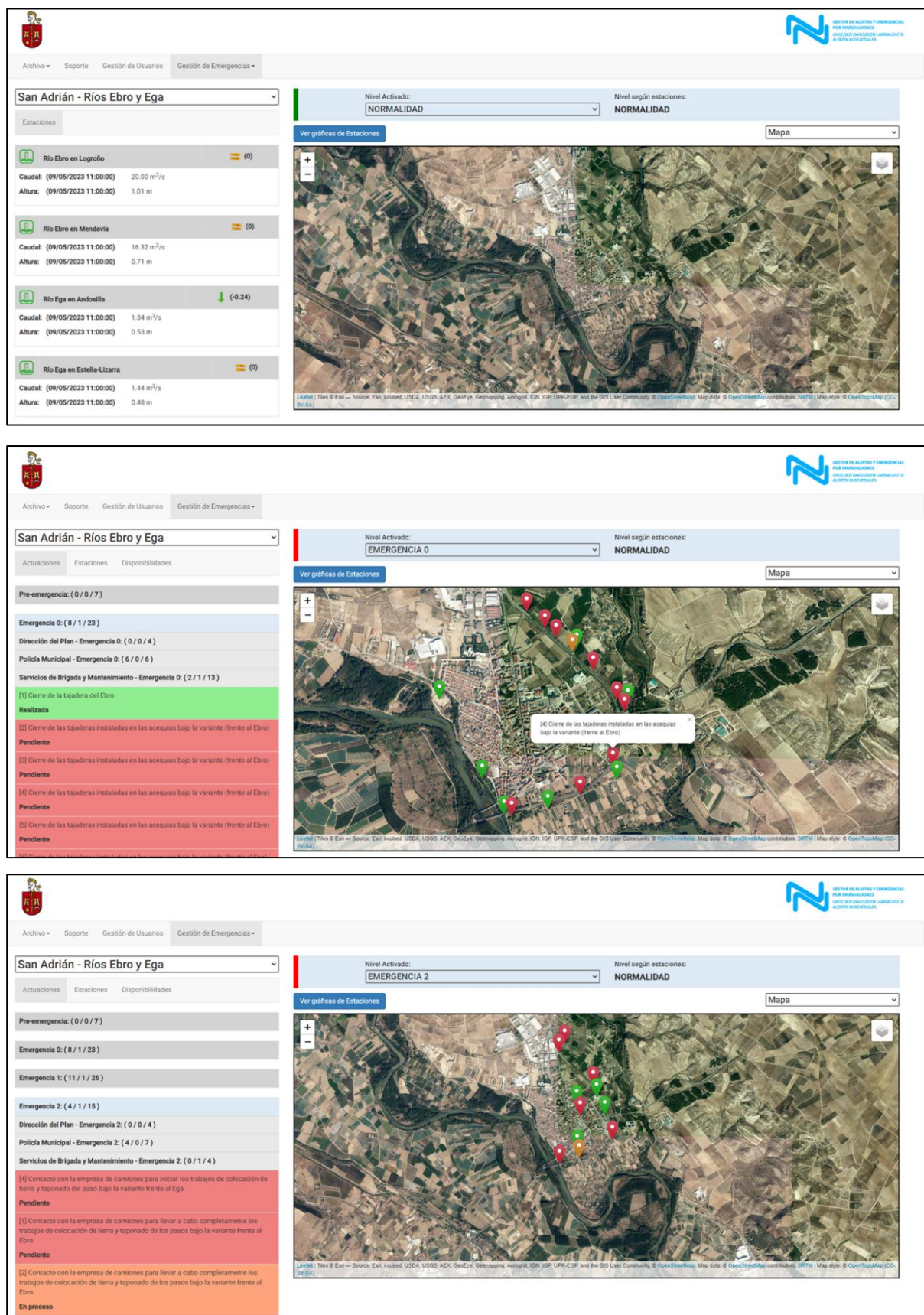


Figura 8 | Imágenes del gestor informático para la gestión del plan municipal de la localidad de San Adrián, situada en la confluencia del río Ega con el río Ebro. Las imágenes muestran la versión de escritorio de la herramienta. La imagen superior muestra los datos de caudal y el visor GIS de la herramienta en situación de normalidad. La imagen central muestra los puntos en los que el ayuntamiento deben actuar al recibir la notificación de entrada del municipio en situación de Emergencia 0. Por último, la imagen inferior muestra las localizaciones en las que se debe actuar al crecer el caudal de los ríos Ega y Ebro hasta un nivel de emergencia grave como es ya el nivel 2 del plan. Los puntos mostrados en color rojo son aquellos en los que los responsables municipales aún no han llevado a cabo las acciones previstas, los puntos ya en verde son aquellos en los que sí se ha actuado, y los puntos en color naranja indican las localizaciones en las que se están efectuando las acciones previstas (Cierre de clapetas, señalización de carreteras por parte de Policía Municipal de la localidad, solicitud de

camiones con tierra para levantar diques temporales, etc., son algunas de las acciones previstas en este plan de San Adrián).



Figura 9 | Las imágenes superiores muestran dos de las pantallas de la versión App de la herramienta para la gestión de los planes locales en Navarra. La imagen de la izquierda muestra la pantalla desde la que los Directores del Plan, generalmente Alcaldía, activan formalmente el nivel de emergencia requerido. Por su parte, en la imagen de la derecha se muestran las acciones a llevar a cabo al activarse la emergencia 0 del plan de la localidad de Peralta-Azkoien. La fotografía inferior muestra cómo la acción prevista a realizar en el punto 18 - corte de la carretera NA-115 a su salida desde el casco urbano de Peralta - fue efectuado en una inundación anterior.

Como se observa en las imágenes de la figura 8, la versión Web de la herramienta de cada municipio ofrece, en su parte izquierda, los datos en tiempo real de la pluviometría y caudales observados en las estaciones incluidas en el plan para la activación de los diferentes niveles de emergencia. Una vez se activa el plan, también en esta parte izquierda se muestran las acciones a realizar por cada grupo operativo. Generalmente se trata de colocación de vallas y corte de calles y carreteras, avisos presenciales en escuelas, escuelas infantiles, escuelas de música, centros de salud, centros de mayores, etc. En muchos municipios es común también que las acciones incluyan cierre de tajaderas en las motas y corte del agua en acequias. En municipios del eje del Ebro es frecuente también la necesidad de iniciar bombeos sobre las motas para dar salida al agua acumulada en depuradoras. En la versión web de las herramientas también se dispone de un visor GIS en el que aparece reflejada la ubicación de las diferentes acciones a llevar a cabo. En el ejemplo de San Adrián, en la figura 8, se observa como las acciones que ya han sido realizadas, aparecen en color verde una vez alcaldía, responsables de policía municipal o de la brigada de servicios las señalan como completadas. Los puntos en color naranja son aquellos en los que están siendo realizadas las acciones en dicho momento, y las acciones en color rojo son las que deben realizarse en dicho nivel de emergencia, pero todavía no se han llevado a cabo.

Por otro lado, como se muestra a continuación en la figura 10, en la versión Web de la herramienta también hay una pestaña que permite graficar los datos recibidos en tiempo real tanto de lluvia acumulada en diferentes intervalos de tiempo (los previstos en el plan) como los datos de nivel y caudal observados de forma diezminutal o quinceminutal en las estaciones

de aforo de la CHE y del Gobierno de Navarra. En los gráficos superiores de la figura 10 se muestra la evolución del nivel y del caudal del río Ebro durante la crecida que afectó a localidades como Arguedas, Tudela, Buñuel y Cortes en diciembre de 2021. En el gráfico inferior se muestra la pluviometría registrada en un evento de mayo de 2023 en la localidad de Bera, en la vertiente cantábrica de Navarra. El plan de dicha localidad alcanzó en apenas hora y media de precipitación el nivel de emergencia 2.

La versión Web y la versión App de la herramienta funcionan de forma totalmente sincronizada. Como se muestra en la figura 9, desde la App pueden activarse los diferentes niveles de emergencia, se reciben notificaciones de superación de los umbrales, se puede seguir en tiempo real la evolución de las acciones ya ejecutadas, etc. Una vez desarrolladas las herramientas informáticas, se llevan a cabo sesiones de formación en su uso con los responsables municipales (Figura 11). La superación de cada umbral se comunica a los responsables del CECOPAL a través de SMSs automáticos, notificación de la App y vía email (Ver Figura 11). Tanto desde la versión Web como desde la App los responsables municipales pueden enviar los mensajes de texto, ya pre-escritos, describiendo de la manera más precisa posible la situación que la inundación – se espera - va a generar en el municipio. Diversos estudios recogen la importancia de comunicar adecuadamente el riesgo al que se hace frente en cada situación (Kuller et al., 2021).

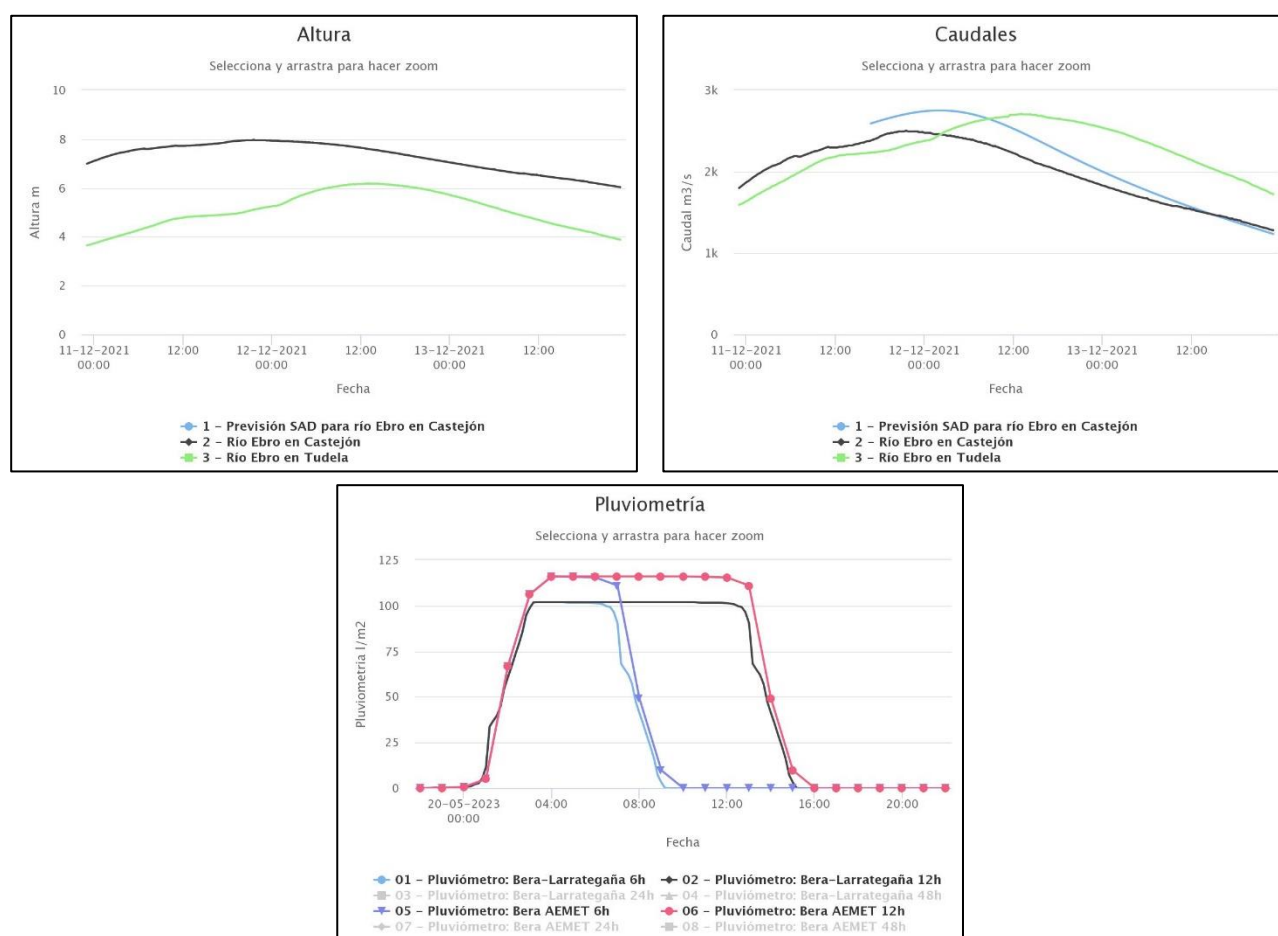


Figura 10 | Imagen de los tipos de gráficos disponibles en la versión Web de la herramienta informática para la gestión de los planes municipales. La herramienta permite graficar los datos de lluvia acumulada, nivel y caudal circulante en tiempo real.

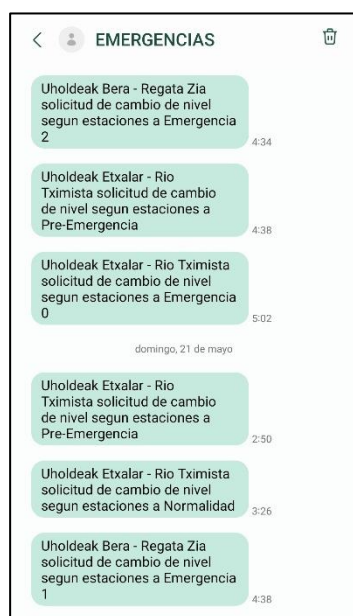


Figura 11 | Sesión de formación en el uso de la herramienta informática para la gestión del plan municipal, con los miembros del Centro de Coordinación Municipal (CECOPAL) en Tudela. En la parte izquierda de la figura se muestra un ejemplo de los SMS que los responsables municipales reciben de forma automatizada en sus teléfonos móviles para ser notificados que su municipio ha superado determinado nivel de emergencia y éste debe ser activado en su plan.

5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El aumento de los fenómenos de precipitación extrema que se ha identificado en los análisis efectuados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, Jia, et al. 2019) en sus últimos informes, así como los últimos eventos de inundación de especial gravedad ocurridos en prácticamente todas las cuencas de Navarra, han hecho crecer en los responsables municipales la conciencia de la necesidad de contar con planes – y herramientas informáticas de fácil uso -consistentes, en todo lo posible inequívocos, y perdurables en el tiempo, para afrontar con la mayor seguridad posible la gestión de la emergencia por inundación a nivel local.

Gracias al impulso ofrecido por la financiación del proyecto LIFE NAdapta, Navarra ha conseguido que la práctica totalidad de los 50 municipios que deben contar con un plan local de autoprotección frente al riesgo de inundación, ya cuenten con uno, actualizado además a la normativa establecida en 2018 (estructura de 4 documentos y anejos complementarios). Gracias a estos esfuerzos recientes de financiación, son ya también 20 los municipios que cuentan con su herramienta específica para la gestión de la emergencia. Esta herramienta facilita la labor de los responsables municipales, especialmente la Dirección del Plan, en la persona de alcaldía, ya que comunica automáticamente – mediante SMS, notificación al teléfono móvil y email al correo electrónico – la superación de cada nivel de emergencia del plan, automatizando la gestión de la emergencia de forma notable.

El desarrollo de estas páginas web ofrece a la población una forma fácil y gratuita de inscribirse para recibir los SMSs enviados desde los ayuntamientos. En las páginas web están disponibles los planes completos, incluyendo los mapas de peligrosidad y riesgo oficiales del Segundo Ciclo de la Directiva de inundaciones, que pueden ser descargados y consultados por los vecinos. Las presentaciones públicas en las casas de cultura de cada localidad han servido también para dar a conocer los riesgos a los que se enfrentan los vecinos en cada localidad, sensibilizando sobre los distintos elementos de peligrosidad y vulnerabilidad, buscando crear una sociedad más resiliente frente a las inundaciones y los escenarios futuros de cambio climático.

Además de reducir la subjetividad a la hora de tomar decisiones en eventos de inundación a nivel municipal, la redacción de este tipo de planes va a servir para la mejor coordinación con el propio Plan Especial de Emergencias de la C.F. de Navarra.

El desarrollo de estos planes y de sus respectivas herramientas informáticas ha sido posible en gran medida a la disponibilidad de estaciones de aforo y pluviométricas con comunicación de datos en tiempo real. Los avisos automatizados

de superación de umbrales de los planes se pueden llevar a cabo gracias a los datos suministrados y transmitidos a las herramientas de los planes desde las redes de observación del Gobierno de Navarra, AEMET, de la CHE y la CHC, Diputación de Gipuzkoa, etc.

La respuesta ofrecida por los propios planes, en cuanto a la precisión de los umbrales definidos, así como la robustez ofrecida por las herramientas informáticas han sido en general muy satisfactorias. Sin embargo, en aquellos planes en los que las alertas se han establecido únicamente en base a criterios pluviométricos, por no existir estaciones de aforo en dichas cuencas, la gestión de los planes ha sido más complicada. En muchas de estas cuencas, en general pequeñas, el estado de humedad antecedente en los suelos condiciona en gran medida la respuesta de la cuenca a nuevas precipitaciones, por lo que resulta complicado encontrar relaciones directas entre precipitación observada y caudal punta generado. Del mismo modo, a pesar de que ofrecen en general un suministro de datos en tiempo real muy satisfactorio, también es común encontrar casos en los que, por diversos motivos técnico-tecnológicos, no todas las estaciones de todas las redes utilizadas en los planes suministran en tiempo y forma correcta el 100% de los datos.

En cualquier caso, en los planes se ha intentado integrar un número amplio de sensores, para garantizar en la medida de lo posible que los avisos pertinentes lleguen con la debida anticipación a los responsables municipales, y a través de ellos al mayor número posible de vecinos. El grado de utilización de los planes y de las herramientas, hasta la fecha, por los responsables municipales, demuestra un elevado grado de satisfacción y confianza en los sistemas desarrollados en los municipios navarros.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto LIFE-IP NAdapta-CC ha recibido financiación del Programa LIFE de la Unión Europea. www.lifenadapta.eu

REFERENCIAS

- V. M. Garcia et al., "Management of Real-Time Data for a Smart Flooding Alert System," 2020 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), Piscataway, NJ, USA, 2020, pp. 1-8, doi: 10.1109/ISC251055.2020.9239092.
- Jia, G., E. Shevliakova, P. Artaxo, N. De Noblet-Ducoudré, R. Houghton, J. House, K. Kitajima, C. Lennard, A. Popp, A. Sirin, R. Sukumar, L. Verchot, 2019: Land-climate interactions. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2022/11/SRCCL_Chapter_2.pdf
- Martijn Kuller, Kevin Schoenholzer, Judit Lienert, Creating effective flood warnings: A framework from a critical review, Journal of Hydrology, Volume 602, 2021, 126708, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126708>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169421007587>)
- Plan de Gestión del Riesgo de Inundación 2022-2027. <https://www.chebro.es/web/guest/plan-de-gestion-de-riesgos-de-inundacion-segundo-ciclo>
- Plan Especial de emergencias ante el riesgo de inundación de la Comunidad Foral de Navarra. https://gobiernoabierto.navarra.es/sites/default/files/modificacion_plan_inundaciones7febrero2018.pdf
- Plan de Emergencias de Tafalla. Presentación Pública. <https://www.tafalla.es/noticias/tafalla-presenta-un-plan-de-emergencias-ante-el-riesgo-de-inundacion/>
- Alisson Silva Souza, André Márcio de Lima Curvello, Flavio Luiz dos Santos de Souza, Henrique José da Silva, A flood warning system to critical region, Procedia Computer Science, Volume 109, 2017, Pages 1104-1109, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.453>.