

Planes de gestión de la emergencia por inundación en municipios de Navarra en el marco de la estrategia EbroResilience.

Sanz, Luis^a, Loizu, Javier^a, Varela, Ana^a, Castiella, Ana^a, Zaragüeta, Eva^a, Pérez, Ismael^a y Ursua, Arantza^b

OREKAN - Gestión Ambiental de Navarra (C/ Padre Adoain 219, C.P. 31015. Pamplona-Iruña, lsanzaazc@orekan.es), ^bDepartamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, Gobierno de Navarra (C/ Gonzalez Tablas, 9. C.P. 31005. Pamplona-Iruña, arantxa.ursua.andres@navarra.es).

Línea temática | B. Usos y gestión del agua: sistemas de recursos hídricos, ordenación y caracterización de usos del agua, planificación hidrológica, planes de sequías e inundaciones, sistemas de regadíos, reutilización de aguas, nexos agua-energía, participación pública y ciudadana.

A. Hidrología y dinámica fluvial: caracterización de régimen regular y extremos, fenómenos de crecidas, cuencas y masas de agua continentales y de transición, dinámica de sedimentos en cursos fluviales y costas, estado ecológico, limnología, estudios de inundabilidad.

RESUMEN

El Ministerio de Medio Ambiente, la Confederación Hidrográfica del Ebro y las Comunidades Autónomas de La Rioja, Aragón y Navarra acordaron en 2020, tras las inundaciones de 2015 y 2020 en el eje de Ebro, poner en marcha la Estrategia Ebro Resilience. Esta estrategia se ha incluido en el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI) de la Demarcación Hidrográfica del Ebro.

Por otra parte, y de forma paralela, en Navarra, se ha trabajado en el desarrollo de la Hoja de Ruta del Cambio Climático de Navarra. Desde la Dirección General de Medio Ambiente se ha avanzado, en el marco del proyecto LIFE_IP_NAdapta_CC, en la redacción de 11 planes municipales en la zona de influencia Ebro Resilience. De esta forma, las poblaciones afectadas cuentan con un protocolo robusto y perdurable para la gestión de la emergencia a nivel local, que incluye una herramienta informática de gestión de los planes y avisos masivos a la población.

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

INTRODUCCIÓN

Tras las importantes avenidas del año 2015, el entonces Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, la Confederación Hidrográfica del Ebro y las Comunidades Autónomas de La Rioja, Aragón y C. F. de Navarra acordaron poner en marcha un plan de medidas destinado a aumentar la resiliencia del sistema, aplicando el, en aquella fecha recién aprobado, Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI) de la Demarcación Hidrográfica del Ebro. Así nació la estrategia Ebro Resilience.

La [Estrategia Ebro Resilience](https://www.ebroresilience.com/ebro-resilience/la-estrategia/) (que se puede consultar en <https://www.ebroresilience.com/ebro-resilience/la-estrategia/>) pretende ser un marco de colaboración entre las distintas administraciones, así como otros actores, para trabajar de forma solidaria y coordinada en la gestión del riesgo de inundación del tramo medio del río Ebro, conformando un sub-programa del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación de la demarcación hidrográfica del Ebro. En definitiva, la misión de esta Estrategia es promover actuaciones que reduzcan el impacto de las inundaciones en los tramos de mayor riesgo del tramo medio del río Ebro,

implementando medidas que a su vez contribuyan a mejorar el estado de las masas de agua y los hábitats fluviales. Asimismo, pretende mejorar la capacidad de respuesta de la población ante estos episodios.

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 (Afecciones en la localidad de Funes, en diciembre de 2021, mostradas en la **Figura 1**).

En 2023 el Gobierno de Navarra actualizó su Plan Especial ante el riesgo de inundaciones de la Comunidad Foral de Navarra. En él, se definían los 50 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. De los 50 municipios, los que más frecuentemente suelen sufrir daños por avenidas que además provocan daños económicos importantes, son los que se sitúan en la zona del eje del Ebro en Navarra.



Figura 1 | Imagen de las afecciones ocurridas en la localidad de Buñuel, durante la crecida del Ebro de diciembre de 2021. En ese momento, el municipio todavía no contaba con plan municipal, que fue entregado al ayuntamiento el 28/11/2022.

Por otra parte, y de forma paralela, en Navarra, en el desarrollo de la [Hoja de Ruta del Cambio Climático de Navarra](#) se ha trabajado como una medida de adaptación al cambio climático una acción de “[Promoción de planes de autoprotección frente a inundaciones en entidades locales](#)”. Esta acción se ha realizado desde la Dirección General de Medio Ambiente del Gobierno de Navarra, en el marco del proyecto LIFE_IP_NAdapta_CC. Dicho proyecto constituye la puesta en marcha de las acciones recogidas en la Hoja de Ruta de lucha frente al Cambio Climático (HCCN-KLINA).

En el ámbito de las medidas de preparación que se incluyen tanto en la estrategia Ebro Resilience como en el citado PGRI, se enmarcan los planes de actuación municipal ante el riesgo de inundación (PAMRIs) como una herramienta de gestión del riesgo de inundación a nivel local. Tanto los PGRI de la Demarcación Hidrográfica del Ebro, como la Estrategia Ebro Resilience y la Hoja de Ruta del Cambio Climático de Navarra se entrelazan con el Plan Especial de Emergencia ante el Riesgo de Inundación de la Comunidad Foral de Navarra, que define los municipios navarros que tienen la obligación de contar con un plan local para la gestión de la emergencia por inundación en su municipio. Estos municipios son los que en la definición de las ARPSIS para la realización del PGRI se ha detectado que tienen un mayor riesgo de inundación de sus zonas urbanas.

MATERIAL Y METODOS

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

En el plan especial de la C. F. de Navarra se define la estructura por la que deben regirse los planes locales. Estos deben constar de 4 documentos: 1) Fundamentos, 2) Análisis del Riesgo, 3) Estructura y organización y 4) Operatividad e implantación del plan. En el segundo de los documentos, el de análisis del riesgo, se hace una recopilación de los daños causados en cada localidad por las inundaciones históricas ocurridas. En este apartado se incluye también la descripción de la cuenca, incluyendo el análisis y documentación de las estaciones pluviométricas y de aforo con recopilación de datos en tiempo real, disponibles y de interés para el plan. En este documento se muestran también los mapas de peligrosidad y riesgo de cada municipio elaborados por las confederaciones y disponibles en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI). Por su parte, en el documento 4 se incluyen 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, propuestas generalmente en relación al tiempo de concentración de las cuencas, en aquellas más pequeñas o sin estaciones de aforo. Los planes también cuentan con una serie de 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.

Los planes municipales se estructuran en un nivel denominado de pre-emergencia, y 4 niveles de emergencia. Una vez se superan los primeros umbrales definidos en los planes, se activa la fase de pre-emergencia del plan. Este nivel de pre-emergencia no se comunica a la población, pero a partir de ese momento los responsables municipales deben hacer un seguimiento constante de la evolución de las lluvias y los caudales de los ríos hasta la desactivación del plan. El primer nivel de emergencia que se comunica a la población es la activación del nivel de Emergencia 0 del plan. En ese momento todavía no cabe esperar desbordamientos del río. Con el empeoramiento de la situación los municipios pueden activar el nivel de Emergencia 1, que hace referencia generalmente a que se esperan desbordamientos en zonas bajas próximas a los cauces de los ríos (zonas de huertas, etc.). Al superarse los umbrales de lluvia acumulada y/o caudal establecidos para la activación de la Emergencia 2, el plan indica ya que deben esperarse daños graves en las zonas urbanas de la localidad. Finalmente, el nivel 3, el máximo de los niveles en los que se estructuran los planes, establece que debe activarse el Plan Especial de Navarra.

Los planes prevén una estructura organizativa, que, con medios propios de cada ayuntamiento, actuará de una forma protocolizada y claramente definida al activarse cada nivel de emergencia en los que se estructuran los planes. Para cada nivel de emergencia, los planes recogen unas fichas en las que aparecen definidas con claridad, y en ubicaciones concretas, las actuaciones a llevar a cabo. Cada una de estas actuaciones está asignada a uno de los 3 grupos operativos en los que generalmente se estructuran los planes: 1) Dirección del Plan, 2) Policías locales y 3) Brigadas de mantenimiento u Obras de cada ayuntamiento.

Al activarse los diferentes niveles de emergencia, la Dirección del Plan – generalmente la figura de Alcaldía – es la encargada de comunicar a la población el texto que aparece previsto en el plan. De esta forma, la información a comunicar a la población no se improvisa en el momento de la emergencia, sino que son textos ya escritos y acordados por los responsables municipales y los técnicos encargados de la redacción del plan en la fase de redacción del mismo. En la **tabla 1** se muestra la página web desarrollada para cada municipio, donde se puede consultar de forma totalmente pública el plan de cada localidad.

Elaboración de los planes de manera colaborativa con los ayuntamientos

Los trabajos de redacción de cada plan municipal se inician siempre con una reunión y una visita de campo conjunta de los técnicos de Orekan - Gestión Ambiental 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.

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 Centro de Coordinación Municipal (CECOPAL) y los responsables de cada Grupo Operativo (ejemplos de reuniones formativas en dos ayuntamientos del eje del Ebro, en la **figura 2**).



Figura 2 | Imagen de los responsables del CECOPAL, en la sesión práctica desarrollada para conocer el manejo y la operatividad de la herramienta informática desarrollada para la gestión del plan municipal. CECOPAL de Tudela (izq.) y del ayuntamiento de Cortes (dcha.).

Gestión digital de la emergencia y Sistema de alerta temprana

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 4**) y una **App** para móviles (**figura 4**) 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 Dirección del Plan, 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](#); [García 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, así como si el ayuntamiento cuenta con el sistema de avisos masivos mediante SMS a la población inscrita. Diferentes ayuntamientos del ámbito EbroResilience, junto con técnicos de Orekan, llevan a cabo simulacros anuales en el uso de la herramienta informática desarrollada para gestionar el plan local de cada municipio. Estos simulacros incluyen avisos de los mismos a la población, tal y como se muestra en la **figura 3**.

Tabla 1 | Municipios que cuentan con plan municipal y cuales tienen herramienta informática y App para la gestión de su emergencia a nivel local en la zona EbroResilience en Navarra.

Municipio	Herramienta web	Número de vecinos inscritos al sistema de aviso SMS
1. San Adrian	https://www.inundacion-san-adrian.tesicnor.com/	585
2. Caparroso	https://www.avenida-caparroso.tesicnor.com/	116
3. Falces	https://www.riada-falces.tesicnor.com/	315
4. Funes	https://www.riada-funes.tesicnor.com/	<i>*no comunica mediante SMS. Si por Whatsapp</i>
5. Cortes	https://www.tromba-cortes.tesicnor.com/	111
6. Arguedas	https://www.inundaciones-arguedas.tesicnor.com/	65
7. Tudela	https://www.riada-tudela.tesicnor.com/	118
8. Azagra	Plan de Azagra en web LIFE NADAPTA	<i>*sin herramienta informática</i>
9. Lodosa	Plan de Lodosa en web LIFE NADAPTA.	<i>*sin herramienta informática</i>
10. Peralta	https://www.riadas-peralta.tesicnor.com/	434
11. Buñuel	Plan de Buñuel en web LIFE NADAPTA	<i>*herramienta informática en desarrollo.</i>

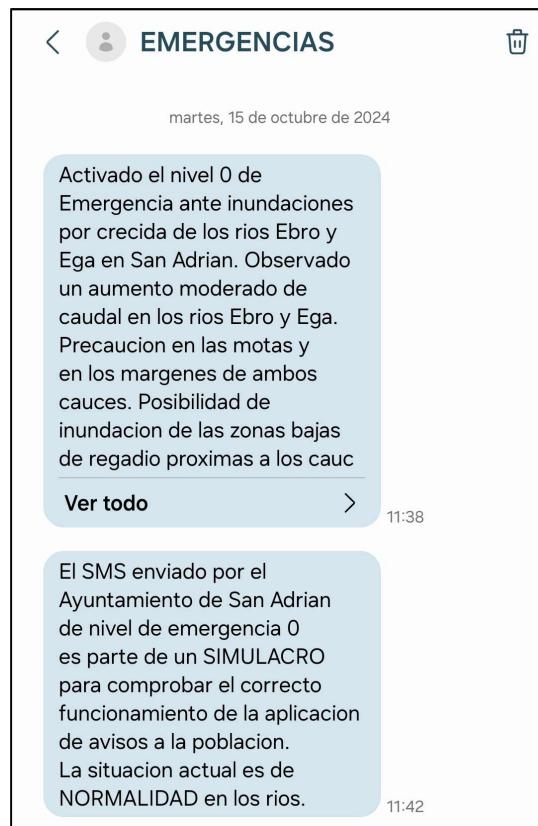


Figura 3 | Ejemplo de comunicación trasladada a la población – vía SMS - durante los simulacros que anualmente se siguen llevando a cabo con diferentes ayuntamientos del eje del Ebro, como es el caso del ayuntamiento de San Adrian, situado en la confluencia de los ríos Ebro y Ega. Técnicos de Orekan y el CECOPAL de San Adrian se reúnen anualmente para actualizar el plan y refrescar la gestión del mismo.

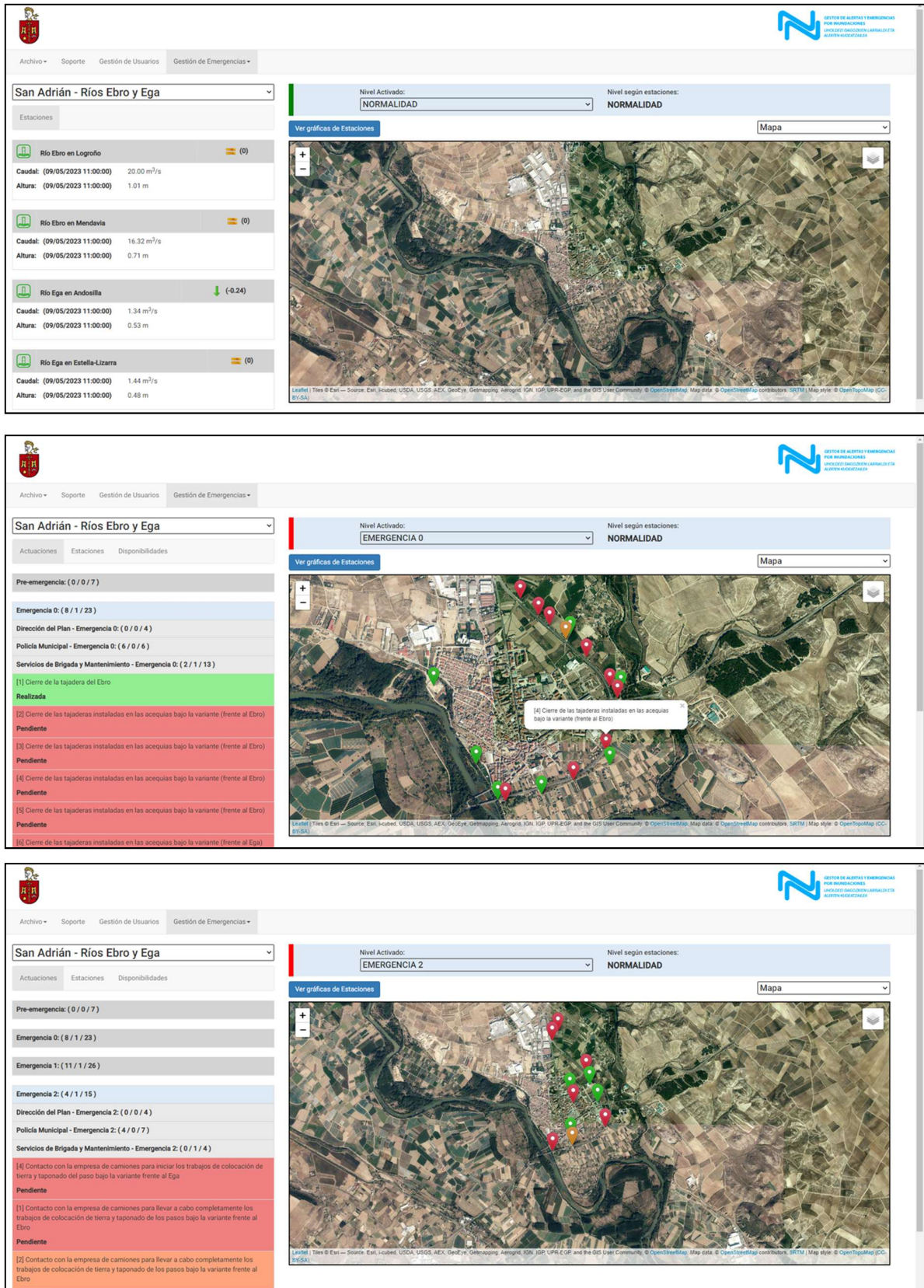


Figura 4 | Imagen del gestor informático para la gestión del plan municipal de la localidad de San Adrián, situada en la confluencia del río Ega con el río Ebro. Las imágenes muestran la versión de escritorio de la herramienta. La imagen superior muestra los datos de caudal y el visor GIS de la herramienta 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).

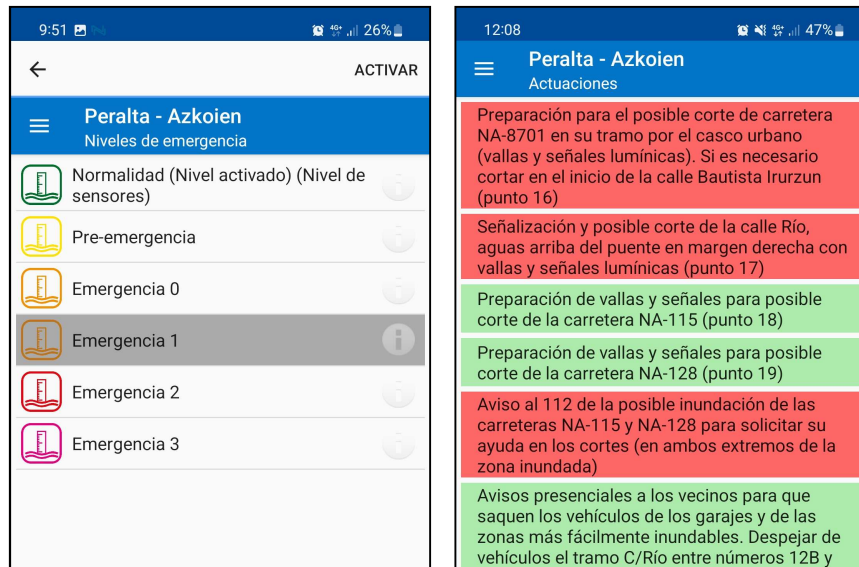


Figura 5 | Las imágenes superiores muestran dos de las pantallas de la versión App de la herramienta para la gestión de los planes locales en Navarra. La imagen de la izquierda muestra la pantalla desde la que los Directores del Plan, generalmente Alcaldía, activan formalmente el nivel de emergencia 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 4**, 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 (ver ejemplo en **figura 8**), 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 (ver ejemplo en **figura 8**) 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 4**, 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 6** y en la **figura 7**, 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 de la **figura 6** 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. Como se muestra en la imagen superior de la **figura 8**, los ayuntamientos como el de Arguedas aplicaron sus planes municipales tal y como estaba previsto. En concreto la Policía Municipal de Arguedas corto el acceso a los diferentes caminos rurales y carreteras con riesgo de resultar afectadas por los desbordamientos del río Ebro en su margen izquierdo.

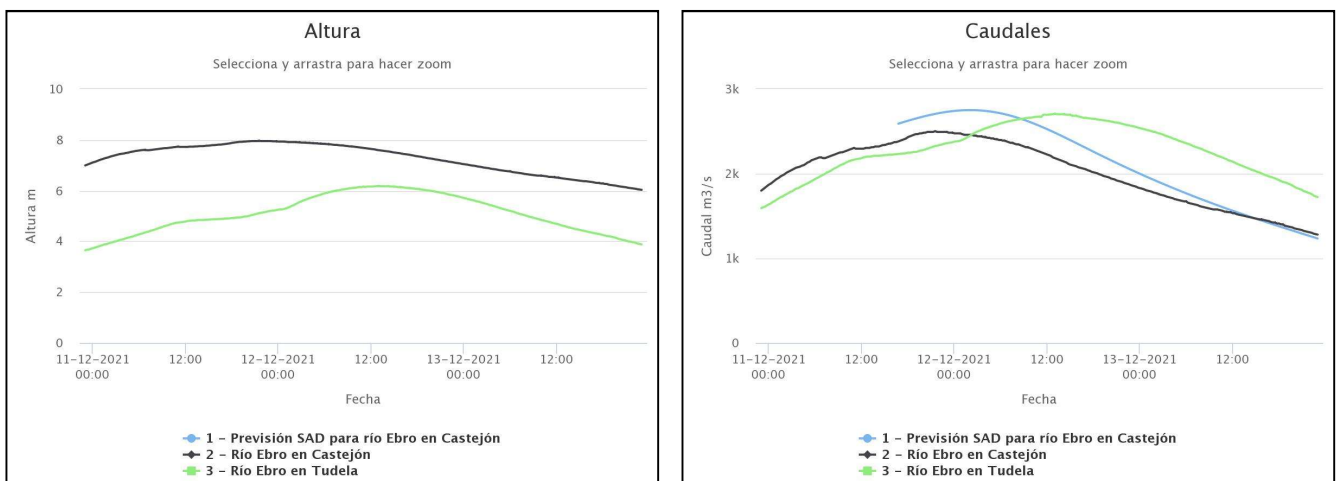


Figura 6 | Ejemplo de gráficos disponibles en la versión Web de la herramienta informática para la gestión de los planes municipales. La herramienta permite graficar los datos de lluvia acumulada, así como el nivel y caudal circulante por los ríos en tiempo real. Imagen de los niveles y caudales que circularon por el Ebro, a su paso por la ribera navarra en diciembre de 2021.

En el gráfico de la **figura 7**, por su parte, se muestra la pluviometría registrada en un evento de julio de 2023 en la localidad de Caparroso. Se trata de un municipio afectado por un barranco catalogado como ARPSI. La herramienta de gestión de la emergencia por inundación de Caparroso, ver enlace en la **tabla 1**, envió un aviso de superación del nivel 2 de la emergencia la tarde del 7 de julio de 2023, concretamente a las 17:34, como se muestra en el email incluido en la **figura 7**. Aquella tarde se registraron en la cuenca del barranco Salado, más de 33 litros en una hora y hasta 45 litros por metro cuadrado en el plazo de 3 horas. La herramienta funcionó correctamente, enviando los avisos previstos a los miembros del CECOPAL de la localidad de Caparroso.

La versión Web y la versión App de la herramienta funcionan de forma totalmente sincronizada. Como se muestra en la **figura 5**, 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. 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 7**, imagen inferior). 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).

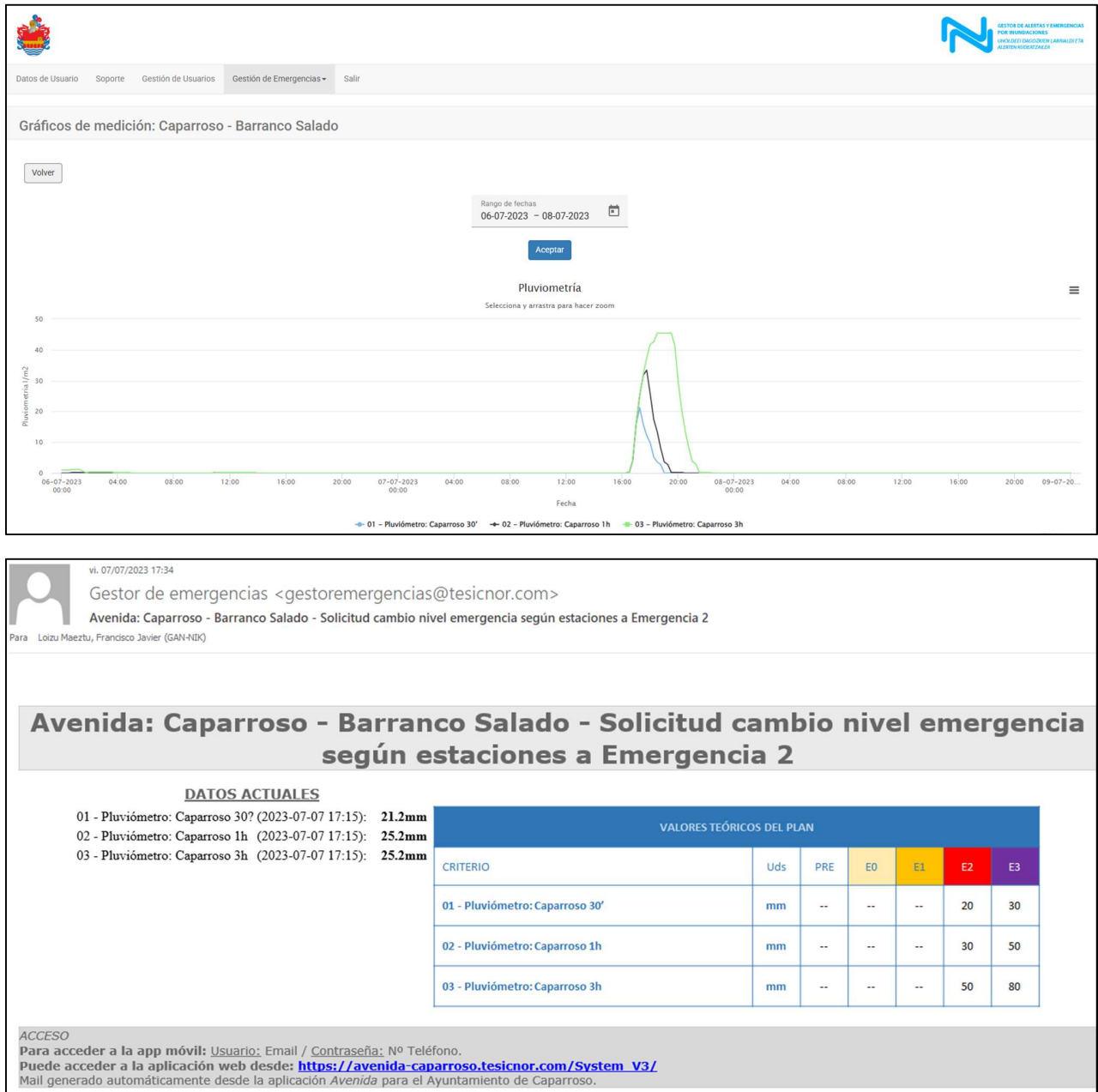


Figura 7 | Precipitación observada en el municipio de Caparroso el 7 de julio de 2023. Se produjeron daños por desbordamiento del barranco Salado. El gráfico superior muestra la precipitación acumulada en media hora, una hora y los acumulados en 3 horas. La imagen inferior muestra el aviso que la herramienta envió de forma automática a cada miembro del CECOPAL del ayuntamiento de Caparroso.

La versión web de la herramienta permite hacer un seguimiento de la ejecución de las actuaciones previstas en cada nivel de emergencia a través de un visor GIS, donde las actuaciones ejecutadas, en ejecución y pendientes se organizan en un código de colores de fácil identificación. Los equipos sobre el terreno señalan desde sus teléfonos móviles la ejecución de cada una de las actuaciones previstas (ej. corte de carreteras y caminos rurales en los accesos al río Ebro en la localidad de Arguedas, imagen mostrada en la **figura 8**). También en la **figura 8**, en concreto en la fotografía inferior, se muestra una de las actuaciones que deben ser ejecutadas en el nivel de pre-emergencia del plan de la localidad de Azagra. El ayuntamiento de esta localidad situada

en el margen izquierdo del río Ebro, tiene previsto en su plan avisar a las comunidades de regantes para que cierren sus tajaderas, evitando así que el agua desbordada del Ebro atraviese la mota (“*Motarron*”) de la localidad, y alcance la zona urbana.



Figura 8 | En la imagen superior se muestran las carreteras y caminos rurales cortados por la policía local del ayuntamiento de Arguedas durante las riadas que afectaron a diversos municipios de Navarra en diciembre de 2021. Arguedas es un municipio afectado por los desbordamientos del río Ebro en la ribera de Navarra. La imagen inferior muestra alguna de las tajaderas que deben ser colocadas por las comunidades de regantes para evitar la inundación del municipio de Azagra.

DISCUSIÓN

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.

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.

Las cuencas de algunos barrancos catalogados como ARPSI, resultan en algunos casos difíciles de gestionar, ya que, al tratarse de cuencas con tiempos de reacción cortos, los avisos a la población llegan en algunos casos con muy poco margen para la reacción y la gestión de la emergencia.

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.

Los planes de municipios navarros de la zona de la estrategia EbroResilience constituyen un ejemplo de adaptación de herramientas de protección civil, que, junto a Sistemas de Alerta Temprana de inundaciones, son una forma de adaptación al cambio climático. Las herramientas puestas en marcha servirán para testar su uso tanto en cuencas con amplios tiempos de aviso como es el caso de tramo del Ebro en Navarra, pero también de cuencas rápidas como pequeños barrancos con tiempos de concentración bajos (de 1 a 3-4 horas) para los que los sistemas de alerta son más necesarios, pero también con menos tiempo de respuesta y una mayor complejidad tanto en la definición de umbrales como en las señales de datos en tiempo real a utilizar. Municipios del ámbito EbroResilience en Navarra, como son Tudela, Caparros, Falces o Cortes, cuentan con cuencas con tiempos de reacción bajos donde este tipo de sistemas de avisos automatizados a los responsables municipales son cruciales para reducir el riesgo a la población.

CONCLUSIONES

En el marco del proyecto LIFE16 IPC/ES/000001 – LIFE-IP NAdapta-CC (LIFE NAdapta), se ha conseguido avanzar de manera sustancial en la redacción de PAMRIs en Navarra, ya que durante su ejecución entre 2017 y 2022, gracias a la financiación de este proyecto se ha llevado a cabo la redacción de 17 planes de emergencia en Navarra, y el desarrollo de 15 herramientas informáticas de gestión de estos planes municipales. La situación en la Comunidad Foral de Navarra en 2025 es que se 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 (estructura de 4 documentos y anejos complementarios). Gracias a estos esfuerzos recientes de financiación, son ya también más de 20 los municipios que cuentan con su herramienta específica para la gestión de la emergencia y que incorpora un sistema de alerta temprana para el aviso a la población. 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.

De todos estos, los planes municipales en la zona de influencia Ebro Resilience son 11, 7 en el tramo medio del Ebro (Lodosa; San Adrián; Azagra; Arguedas; Tudela; Buñuel; Cortes) y 4 cercanos al eje del Ebro, en el bajo Aragón y bajo Arga (Caparroso; Falces; Peralta y Funes). De estos planes, 10 se han desarrollado en el LIFE Nadapta dentro del territorio Ebro Resilience con una doble finalidad, tanto para adaptarse a los riesgos del cambio climático, como para desarrollar las medidas de disminución del riesgo de inundación en la implantación de la Directiva de inundaciones.

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 navarros 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 redacción de Planes municipales realizada en el marco del proyecto LIFE NADAPTA en el tramo medio del Ebro, no solo ha permitido avanzar en medidas que sirven para la adaptación al Cambio Climático e implantación de la hoja de Ruta del Cambio Climático de Navarra sino que también han permitido desarrollar parte de las medidas del plan autonómico de emergencias ante inundaciones y del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI) de la Demarcación Hidrográfica del Ebro.

La realización de este tipo de trabajos implica un importante esfuerzo de coordinación para impulsar la colaboración técnica entre los distintos actores de las administraciones Estatal, Autonómica y Local que intervienen en los mismos.

También es importante recalcar que un adecuado y fiable desarrollo de los planes locales solo ha sido posible gracias a importantes trabajos y esfuerzos previos que, gracias a trabajos desarrollados por diferentes administraciones durante años anteriores han permitido tener una importante red de datos que proporciona información hidrometeorológica de calidad en tiempo real en Navarra. Un ejemplo de ello es que se dispone de datos de redes de control hidrometeorológicas de la Confederación Hidrográfica del Ebro a través de su SAIHEbro, de la red de estaciones meteorológicas del Gobierno de Navarra - Meteonavarra -, AEMET - Agencia Estatal de Meteorología, la Confederación Hidrográfica del Cantábrico, redes de comunidades Autonómicas vecinas, que junto a las redes propias de Navarra permiten el análisis histórico de datos y su utilización en los PAMRIs para definir umbrales de aviso y así poder implementar Sistemas de Alerta Temprana. Así, esto supone la base de las medidas de preparación para la mejora de la gestión de las emergencias por inundaciones.

AGRADECIMIENTOS

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

REFERENCIAS

- Estrategia Ebro Resilience. <https://www.ebroresilience.com/ebro-resilience/la-estrategia/>
- 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
 - 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>.