

# Sistemas Guía regionales en funcionamiento para Crecidas Repentinas

## Casos prácticos: Croacia y Zimbabwe

por Terek Borivoj, Departamento de Hidrología del Servicio Meteorológico e Hidrológico (Croacia) e Innocent Gibbon T. Masukwedza, División de Clima, Investigación y Formación del Departamento de Servicios Meteorológicos (Zimbabwe)

La falta de capacidad para generar alertas tempranas es uno de los mayores problemas relacionados con las crecidas repentinas. Este artículo presenta dos casos prácticos que examinan la utilidad de los Sistemas Guía para Crecidas Repentinas actualmente en funcionamiento para la predicción de áreas con alta probabilidad de verse afectadas por ellas. Los casos prácticos comprenden la aplicación del Sistema Guía para Crecidas Repentinas de Europa suroriental, en Croacia, y el Sistema Guía regional para Crecidas Repentinas de África meridional, en Zimbabwe. Ambos sistemas se implantaron como parte de un proyecto mundial para abordar los problemas relacionados con las avenidas repentinas.

Es importante señalar que, en todos los casos, se requiere la evaluación por parte de los predictores de los productos de salida de los Sistemas Guía antes de emitir cualquier alerta temprana que potencialmente pudiera afectar a vidas y propiedades. De ahí que estos sistemas fueran diseñados y desarrollados para ser usados, de forma interactiva, por predictores meteorológicos e hidrológicos de todo el mundo, proporcionando en tiempo real productos guía informativos relacionados con las amenazas de avenida repentina de pequeña escala a lo largo y ancho de una región. Estos sistemas también ofrecen los productos necesarios para respaldar la elaboración de alertas de crecidas repentinas debidas a episodios de lluvia, mediante el uso tanto de estimaciones de la cantidad de lluvia basadas en datos de satélite como en modelos hidrológicos.

Un memorando de entendimiento entre la OMM y los Estados Unidos de América (concretamente la USAID<sup>1</sup>, la

NOAA<sup>2</sup> y el CIH<sup>3</sup>) respalda esta iniciativa de cooperación cuyo fin es implantar los Sistemas Guía en todo el mundo. El programa asociado a ellos es un esfuerzo de interés público realizado en nombre de sus socios.

### Caso práctico: Croacia

Croacia se encuentra en el sureste de Europa, bañada por el mar Adriático. No es un país extenso (56 594 km<sup>2</sup>), pero su topografía es impresionante por colindar con algunas de las grandes formas del relieve europeo. Las tres principales son: las tierras bajas de Panonia, las montañas de los Alpes Dináricos y el mar Adriático, con más de mil islas e islotes. Debido a sus montañas escarpadas y a sus zonas montañosas con cascadas y torrentes, así como a sus amplios valles de cursos fluviales de llanura, el país y sus numerosos y valiosos recursos son vulnerables a las inundaciones y a las avenidas repentinas.

En Croacia, el Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional es la única entidad encargada de emitir alertas generales de peligros hidrometeorológicos a través de los medios de comunicación, en sus páginas de Internet o por medio del sistema europeo Meteoalarm, así como directamente a las autoridades. El Servicio Meteorológico e Hidrológico comenzó a realizar predicción operativa y verificación de episodios de crecidas repentinas con el Sistema Guía para Crecidas Repentinas de Europa suroriental. Puesto que las avenidas repentinas son realmente fenómenos hidrometeorológicos, sus alertas se emiten en Croacia de común acuerdo entre predictores meteorológicos e hidrológicos.

1 Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

2 Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera

3 Centro de investigación hidrológica

En este caso práctico se va a estudiar un episodio que tuvo lugar el 11 de septiembre de 2017 en las ciudades de Zadar y Nin, cuando cerca de 190 mm de lluvia cayeron en menos de dos horas, causando daños en propiedades y dejando a ambas comunidades en una situación difícil.

**Situación meteorológica:** Por encima de Escandinavia una baja presión en superficie estaba extendiendo su sistema frontal sobre Europa occidental. Durante la noche del 9 al 10 de septiembre, en el golfo de Génova se formó una depresión secundaria y permaneció casi estacionaria sobre el mar Tirreno la mayor parte del día. En los niveles altos de la atmósfera, a 500 hPa y a 300 hPa, era visible una vaguada profunda con una depresión desprendida y una región de salida de la corriente en chorro a la izquierda penetrando en el Adriático. El eje de la vaguada se extendía de norte a sur y luego cambió su dirección a una orientación NW-SE.

La vaguada de niveles altos también era visible a 850 hPa. Por su borde de ataque, un fuerte flujo del suroeste llevaba aire cálido, húmedo e inestable hacia Croacia. Este flujo, junto con la cizalladura del viento, dio lugar a intensos procesos convectivos el 11 de septiembre. La energía potencial disponible y la cizalladura (entre 0 y 6 km) mostraban principalmente una posibilidad moderada de convección intensa.

La imagen compuesta en rojo, verde y azul de masas de aire del Meteosat 9 (véase abajo) mostraba un sistema convectivo en mesoescala sobre Croacia con una dimensión horizontal mayor de 400 km, definiendo las condiciones meteorológicas no solo de la costa adriática sino también de las regiones montañosas interiores de la Croacia central. La temperatura máxima de las cimas nubosas era de  $-65^{\circ}\text{C}$ ,

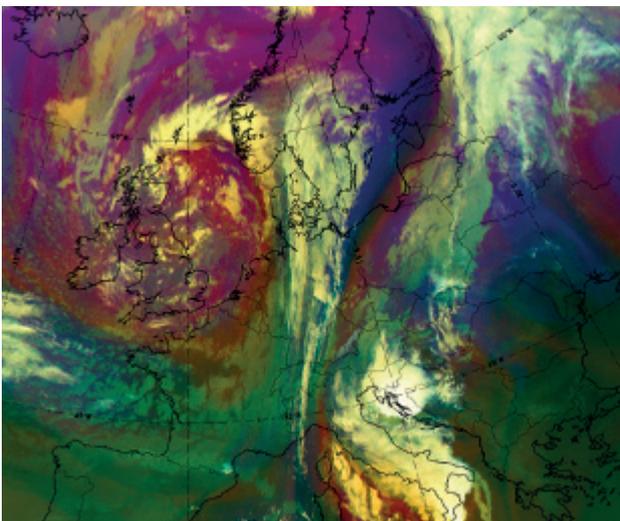


Imagen compuesta en rojo, verde y azul del Meteosat, correspondiente a las masas de aire del 11 de septiembre a las 06.00 UTC (EUMETSAT)

lo que ponía de manifiesto una convección húmeda profunda y la existencia de fuertes corrientes ascendentes que llevaban las gotitas de agua a altitudes muy elevadas (alrededor de 12 km sobre la región de Zadar).

**Análisis del Sistema Guía para Crecidas Repentinas de Europa suoriental:** Tras valorar la situación meteorológica, era imprescindible analizar minuciosamente los productos del citado Sistema Guía. Los productos de diagnóstico del mismo se analizaron a fin de obtener las respuestas hidrológicas de las cuencas fluviales. Entre estos productos figuraban el hidrostimador mundial para calcular precipitaciones a partir de imágenes satelitales de microondas, la precipitación zonal media combinada, la humedad media del suelo y la guía para crecidas repentinas.

**Conclusiones:** El 11 de septiembre, la actividad convectiva estacionaria persistió durante varias horas sobre las ciudades de Zadar y Nin, dando como resultado devastadoras crecidas repentinas con daños materiales de envergadura, pero sin pérdida de vidas humanas. De los 276 mm de lluvia registrados por la estación meteorológica de Zemunik, 265 mm cayeron en apenas 6 horas. De modo similar, la estación de Zadar midió 213 mm en 24 horas, de los cuales 188 mm se registraron en 6 horas.



Crecida repentina en la ciudad de Zadar, 11 de septiembre de 2017



*Crecida repentina en la ciudad de Nin, 11 de septiembre de 2017*

Los efectos de las riadas repentinas pudieron haber sido peores, pero estas fueron bien pronosticadas y se emitieron alertas con anticipación. El Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional difundió varias alertas de crecida repentina a la Dirección Nacional de Protección y Salvamento, así como a la población y a los medios de comunicación a través de Meteolarm. El Sistema Guía para Crecidas Repentinas de Europa suroriental fue muy preciso, mostrando la localización exacta de las avenidas.

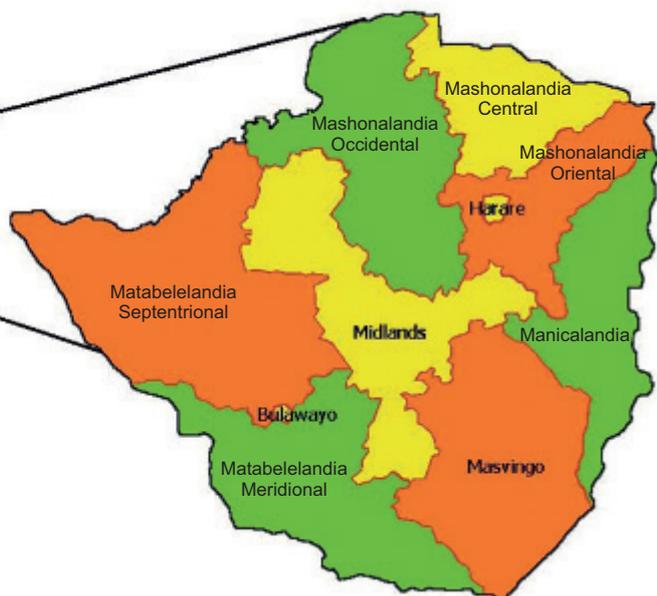
La respuesta hidrológica de los pequeños cauces torrenciales a las grandes cantidades de precipitación fue muy rápida, debido a la alta saturación del suelo. Puesto que las crecidas repentinas ocurrieron principalmente en áreas urbanas, es importante señalar que la urbanización pudo

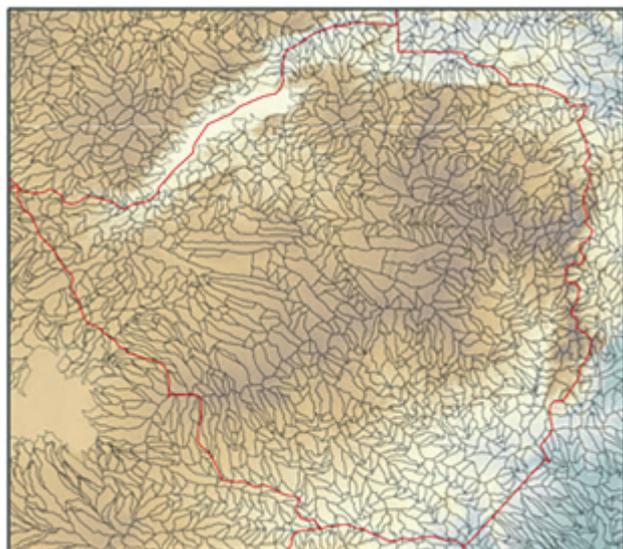
tener un efecto significativo sobre los patrones de escorrentía superficial. La verificación de las alertas por crecidas repentinas en Croacia reveló que la probabilidad de ocurrencia de riadas urbanas repentinas en su región costera ha aumentado de manera apreciable en los últimos años, lo que convierte la predicción de avenidas repentinas en una tarea no solo más importante sino también más exigente. Se debería recomendar a otros países que están usando el Sistema Guía para Crecidas Repentinas que recopilen tantos informes de avenidas repentinas como les sea posible y que, asimismo, lleven a cabo estudios de verificación que ayuden a entender las incertidumbres en los modelos de predicción y la manera en que podrían mejorarse.

La experiencia de trabajo operativo con el Sistema Guía para Crecidas Repentinas de Europa suroriental resultó valiosa para la difusión de alertas en Croacia. También puso de relieve la posibilidad de incrementar la colaboración con los organismos de respuesta frente a emergencias para reducir los riesgos de desastre y para aumentar la sensibilización de la sociedad. Puesto que el tiempo es el factor más crítico, la colaboración y la implicación son necesarias para lograr unos eficaces sistemas integrales de predicción y alerta temprana de crecidas repentinas e inundaciones.

## Caso práctico: Zimbabwe

Zimbabwe es un país sin litoral que abarca una superficie de 390 754 km<sup>2</sup> en el África meridional. Geográficamente se divide en diez provincias. Al sur limita con Sudáfrica, Zambia lo bordea por el noroeste, hace frontera con Botswana al suroeste y Mozambique lo bordea por el este. El país se





Mapa del relieve y las subcuencas de crecidas repentinas en Zimbabwe

extiende por un vasto terreno interior elevado cuya altitud desciende al norte en dirección a la cuenca del Zambeze. Es en esta área donde Zambia comparte frontera con Zimbabwe. Las elevaciones del terreno descienden también al sur hacia la cuenca del río Limpopo y la frontera con Sudáfrica.

El Departamento de Servicios Meteorológicos de Zimbabwe ejerce la competencia nacional de salvar vidas humanas y propiedades, lo que incluye el suministro de alertas de crecidas repentinas.

Este ejemplo práctico se centra en un episodio de crecidas repentinas acaecido el 14 de noviembre de 2016 en varias regiones situadas al sur de la provincia de Manicalandia y examina cómo el Sistema Guía regional para Crecidas Repentinas de África meridional describió regiones de precipitación intensa así como regiones con suelos saturados.

**Situación meteorológica:** En la semana que precedió al episodio se había dado una actividad lluviosa generalizada por todo el país, con áreas de Manicalandia, Mashonalandia Oriental, Mashonalandia Occidental, Matabelelandia Meridional y el este de Midlands experimentando fuertes precipitaciones. Los sistemas meteorológicos automáticos en estas regiones no funcionaron durante dicho período. Estos sistemas son importantes, ya que proporcionan la hora o el ritmo de la intensidad máxima de precipitación y, de haber estado disponibles, habrían sido de gran ayuda para este estudio.

Se informó de cantidades totales de precipitación significativas en un período de 24 horas en el aeropuerto de

Harare (67 mm) y en Mvuma (64 mm), el 11 de noviembre. También Mukandi tuvo una cantidad total significativa, con 64 mm de lluvia registrados el 14 de noviembre.

A partir de los mapas meteorológicos se dedujo la existencia de una vaguada situada en el océano Índico, que se extendía tierra adentro hacia Mozambique y Zimbabwe. Como la región donde se produjeron las crecidas tiene un relieve elevado y había mucha humedad como resultado de las lluvias recibidas con anterioridad al episodio, a todo lo cual se sumaban unas temperaturas altas, la probabilidad de que una combinación de estos tres factores diera lugar a actividad tormentosa era alta. Dicha actividad fue responsable del granizo del que se informó en algunas zonas de las regiones afectadas por las avenidas.

**Análisis del Sistema Guía regional para Crecidas Repentinas de África meridional:** A fin de lograr una mejor comprensión de la distribución de las precipitaciones desde el comienzo de la estación húmeda, se estudiaron los totales de precipitación acumulada de todo el país los cuales sugerían que, en relación con otras regiones, las que recogieron las precipitaciones totales más altas fueron las que probablemente habían tenido altos niveles de humedad del suelo. Este resultado lo respaldaba el producto de humedad media del suelo del citado Sistema Guía, que ponía de manifiesto que algunas cuencas del país en las que se informó de crecidas repentinas tenían porcentajes de saturación de las capas superiores del suelo de al menos un 75% (como resultado de la precipitación acumulada señalada anteriormente).

Este producto del Sistema Guía mostraba que, a las 12.00 UTC, en las zonas orientales del país se necesitaban solamente cantidades de precipitación por encima de 30 mm en las 6 horas siguientes para alcanzar el nivel de cauce lleno. Fue durante este período cuando cantidades considerables de precipitación cayeron sobre esas regiones y se produjeron las crecidas repentinas.

**Conclusión:** Como resultado de su capacidad para predecir (con una exactitud razonable) las regiones con probabilidad de ser afectadas por crecidas repentinas, el Sistema Guía regional constituye una útil herramienta que ayuda al Departamento de Servicios Meteorológicos de Zimbabwe a cumplir su mandato nacional de salvar vidas humanas y propiedades.

Ambos estudios muestran que el Sistema Guía para Crecidas Repentinas incrementa la capacidad y los resultados de las alertas tempranas eficaces de avenida repentina. Los Servicios Meteorológicos Nacionales de otros países podrían usar también este Sistema Guía. Los socios del mismo (OMM, USAID, NOAA, CIH) aspiran a extender su implantación por todo el mundo.