

# Predicciones probabilísticas y protección civil

## De los avisos “sin discontinuidad” a las acciones

por Clemens Wastl<sup>1</sup>, Yong Wang<sup>1</sup>, Andre Simon<sup>2</sup>, Martin Kulmer<sup>1</sup> y Andrea Sigl<sup>1</sup>

La frecuencia y la intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos están aumentando debido al cambio climático. La falta de preparación ante tales fenómenos puede originar daños económicos significativos y la pérdida de vidas. Por eso, las predicciones del tiempo certeras y fiables son esenciales para que los organismos de protección civil se preparen mejor ellos mismos y a las poblaciones en riesgo. El proyecto “Tendiendo un puente entre las predicciones probabilísticas y la protección civil” –conocido como PROFORCE– dio un primer paso en esta dirección al ofrecer información sobre la toma de decisiones basada en el impacto a las autoridades civiles responsables de la protección de los ciudadanos, el medio ambiente y la propiedad.

Las predicciones meteorológicas están sujetas a las incertidumbres inherentes a la naturaleza caótica de la atmósfera y a las limitaciones de los modelos de predicción del tiempo. La comunidad meteorológica usa de forma generalizada los sistemas de predicción por conjuntos (EPS) para cuantificar estas incertidumbres, pero estas no se comunicaban al usuario final hasta hace poco. Sin embargo, ese tipo de información sobre incertidumbres tiene un gran potencial para mejorar los procesos de toma de decisiones en tiempo crítico por los organismos de protección civil y otras partes interesadas, especialmente si es personalizada y está redactada usando su terminología. PROFORCE lo ha logrado gracias a la colaboración multidisciplinar y transversal entre los servicios meteorológicos y los usuarios finales, mejorando así el conocimiento de los efectos potenciales de los fenómenos adversos en la protección civil.

### Sistema de predicción probabilística sin discontinuidad

PROFORCE comenzó en diciembre de 2013 y duró dos años. Fue cofinanciado por el Departamento de Ayuda Humanitaria y Protección Civil (ECHO) de la Comisión Europea y dirigido por el Servicio Meteorológico de Austria (ZAMG). Basado en la cooperación transnacional entre los servicios meteorológicos nacionales austriaco y húngaro (ZAMG y OMSZ, respectivamente) y los socios de protección civil en los distritos de Baja Austria y el condado de Somogy, PROFORCE tenía como objetivo mejorar los procedimientos de preparación y toma de decisiones de los organismos de protección civil mediante la creación de un sistema innovador de predicción probabilística sin discontinuidad.

La característica principal del sistema de predicción sin discontinuidad PROFORCE es el aspecto probabilístico que contiene información sobre la incertidumbre y la predictibilidad de los fenómenos meteorológicos extremos. Los organismos de protección civil deberían ser capaces de utilizarlo para optimizar sus procesos de toma de decisiones en términos de preparación y concienciación y, por tanto, proteger mejor a la sociedad y al medio ambiente del impacto del tiempo adverso.

La predicción probabilística sin discontinuidad de PROFORCE combina cuatro sistemas diferentes:

- el EPS del Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo (CEPMMP), que representa la predicción a medio plazo y a escala sinóptica;
- el EPS de área limitada de Europa Central (ALADIN-LAEF), que representa la escala regional (y ALADIN-HUNEPS para el dominio húngaro);

<sup>1</sup> Departamento de Modelos de Predicción, Instituto Central para la Meteorología y la Geodinámica (ZAMG), Austria

<sup>2</sup> Servicio Meteorológico Húngaro (OMSZ), Hungría

- el EPS del modelo mesoescalar francés de aplicación de la investigación a la operatividad (AROME), que proporciona predicciones con hasta 30 horas de antelación enfocadas en la convección; y
- el Conjunto integrado de análisis de alta resolución para la predicción inmediata (INCA), que suministra información sobre la toma de decisiones para ayudar a los organismos de protección civil a realizar mejores juicios de cara a los riesgos de desastre inminentes.

Cada sistema juega su propio papel en el producto final sin discontinuidad según la naturaleza del fenómeno meteorológico previsto (ya sea convectivo o a gran escala) y del plazo de predicción. Suponiendo que cada EPS genera los mejores resultados disponibles para su período de tiempo designado, cada paso de tiempo individual en la predicción utiliza los datos del EPS correspondiente, haciendo de este modo que la predicción sea uniforme. Por consiguiente, cada día que un fenómeno extremo se acerca, mejora la exactitud de predicciones y avisos. Los distintos vacíos en los pasos de tiempo, que son resultado de los diferentes modelos de referencia, se reflejan en el producto final en la medida que el personal de protección civil específicamente formado en el proyecto PROFORCE maneja estas incertidumbres.

## Avisos sin discontinuidad → acciones sin discontinuidad

El intercambio continuo de información y las acciones entre los meteorólogos y el personal de protección civil siguen esta estructura:

**Preaviso/respuesta.** El EPS del CEPMMP muestra un posible fenómeno meteorológico adverso con una probabilidad relativamente alta y se da un primer aviso previo a los organismos de protección civil, que entran en la fase de acción de “respuesta” y toman medidas tempranas tales como organizar la lista de turnos.

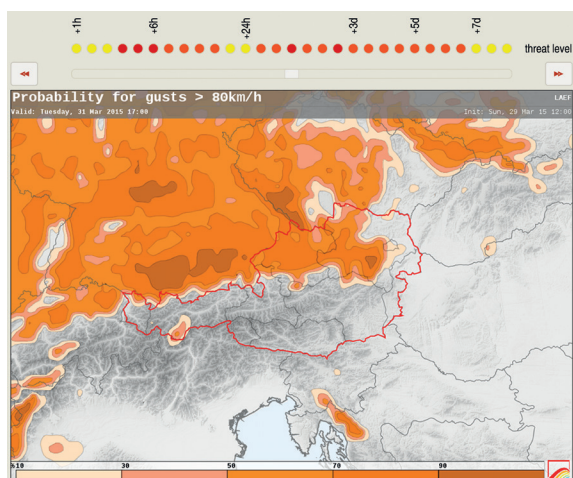
**Aviso más específico/preparación.** Dos o tres días antes del posible fenómeno, el siguiente EPS en la cadena suministra predicciones que son más precisas en cuanto al espacio y al tiempo. De este modo, se puede dar un aviso más específico. En base a esto, el personal de protección civil entra en la fase de “preparación” con actividades intensificadas como la provisión de equipamiento y personal. Un día después, el EPS que permite la convección proporciona más detalles, especialmente en regiones de topografía compleja como los Alpes.

**Predicción inmediata/acción.** Por último, el material de EPS de alcance inmediato proporciona la imagen más precisa de la situación de tiempo adverso y se pueden tomar las decisiones finales. El personal de protección civil entra en la tercera fase, “acción en marcha”, donde tiene lugar la planificación final, como la concentración de actividades operativas en las zonas más afectadas. Este enfoque de predicción inmediata es especialmente importante en fenómenos convectivos de la temporada de verano que se caracterizan por una alta variabilidad espacial y temporal. Por esta razón, el modelo de predicción inmediata del Conjunto INCA se ejecuta cada hora mientras que otros modelos –EPS del AROME, ALADIN-LAEF y EPS del CEPMMP– se actualizan solamente cada 12 horas; en el caso de Hungría, el modelo ALADIN-HUNEPS solo se actualiza una vez cada 24 horas.

## Creación de portales web

Los meteorólogos y el personal de protección civil trabajaron unidos para desarrollar conjuntos apropiados de datos meteorológicos que ilustrasen las predicciones de manera clara y sencilla, promoviendo así un proceso rápido de toma de decisiones. En primer lugar, los socios de la protección civil definieron unos umbrales razonables para los parámetros meteorológicos fundamentales: velocidad del viento, precipitación y temperatura. Estos umbrales diferían considerablemente en los dos países. Por ejemplo, una racha de viento de 60 km/h es normal y ocurre con frecuencia en las zonas montañosas de Austria, pero supone un peligro grave para la extremadamente vulnerable región del lago Balatón en Hungría, lugar donde se celebran muchas actividades deportivas acuáticas en verano. Como resultado, se crearon dos portales web independientes, uno para cada país, con diferentes umbrales y visualizaciones.

En los sitios web, las ilustraciones de los productos se disponen de manera que la predicción aparece sin discontinuidad, es decir, las fuentes de medio plazo y resolución más baja se sustituyen automáticamente por predicciones de mayor resolución a más corto alcance. Así los usuarios no necesitan identificar el modelo EPS en cuestión que se está utilizando. La salida de los sistemas individuales de EPS se visualiza tanto como mapas de probabilidad –que muestran la probabilidad de superar ciertos umbrales– como información puntual para localizaciones preseleccionadas en forma de meteogramas o penachos. Los mapas de probabilidad en el portal austriaco se acompañan de elementos de imagen que ilustran el nivel de riesgo en un modo similar a las



La información de la predicción probabilística continua se procesa, se visualiza y luego se publica en un portal web construido específicamente para que puedan tener acceso las autoridades de protección civil y los gestores de desastres (ejemplo del portal web austriaco).

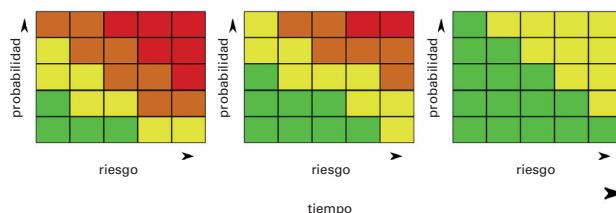
señales luminosas de un semáforo: verde, amarillo, naranja y rojo según aumenta el riesgo.

Se creó un índice total de riesgo para proporcionar a las autoridades de protección civil información general inmediatamente después de ingresar en el portal web. Este índice tiene en cuenta la probabilidad de un fenómeno, su riesgo (intensidad) y el tiempo de aviso, dado que una predicción a más largo plazo contiene generalmente mayores incertidumbres. En otras palabras, un aviso "amarillo" con una semana de antelación no debería causar pánico, pero un aviso "rojo" para el día siguiente de la predicción debería hacer sonar algunas alarmas.

## Formación y experiencia de primera mano

La cooperación interdisciplinaria entre meteorólogos y organismos de protección civil fue clave para el éxito de PROFORCE. El personal de protección civil tuvo que familiarizarse con las predicciones probabilísticas con el fin de obtener el máximo beneficio del portal web. Las sesiones de formación en ambos países ayudaron a fortalecer la cooperación transnacional y la retroalimentación de los organismos de protección civil sobre la información probabilística permitió también a los desarrolladores de modelos mejorar sus EPS.

Se realizaron pruebas intensas del sistema durante episodios de tiempo adverso en las regiones piloto de la



Combinación de riesgo, probabilidad y tiempo para establecer un nivel de amenaza común.

Baja Austria y el condado de Somogy en el transcurso del proyecto (de diciembre de 2013 a noviembre de 2015). La retroalimentación de los usuarios finales y los beneficiarios fue en general positiva y se confirmó la aplicabilidad del sistema para su uso operativo en los organismos de protección civil. Las acciones de prevención y preparación podrían iniciarse mucho antes y ser más específicas con el nuevo sistema que con la predicción meteorológica clásica determinista.

La borrasca Niklas (del 30 de marzo al 2 de abril de 2015) brindó un buen ejemplo de ello. El EPS del CEPMMMP indicó, con siete días de antelación, altas probabilidades de rachas de viento que excedían los umbrales en gran parte de Austria. Una vez que un patrón de tiempo adverso aparece por primera vez en el EPS global, es necesario verificar continuamente la coherencia de su posición, tiempo e intensidad de una predicción a la siguiente. Esto condujo al anuncio de preavisos iniciales en las zonas correspondientes cinco días antes de que el fenómeno comenzara. Tres días antes del episodio, el EPS de mayor resolución mostró probabilidades muy altas de rachas por encima de 80 km/h (nivel 2) y altas probabilidades de rachas superiores a 100 km/h (nivel 3, el de aviso más alto). Finalmente, la racha máxima registrada en las estaciones meteorológicas de baja altitud fue de 121 km/h en Enns, Alta Austria. La información complementaria sobre la fiabilidad y la incertidumbre del nuevo sistema facilitó una evaluación mejor de la situación; sin embargo, el EPS de predicción inmediata no proporcionó beneficios adicionales. El rendimiento se comprobó contrastando los avisos con los mapas desplegados por los organismos de protección civil. Había una correlación muy alta entre la densidad de las acciones de protección civil y las áreas resaltadas en los productos de predicción del EPS, especialmente para los temporales a gran escala y los episodios de crecida.

En el centro húngaro de gestión de desastres, se usó el sistema de predicción probabilística de forma generalizada en los preparativos de diversas competiciones que tuvieron lugar en el lago Balatón y sus alrededores durante

las temporadas de verano de 2014 y 2015, entre ellas la regata Blue Ribbon Race y la travesía a nado del lago Balatón. Para esta última, la información del EPS fue útil cuando se tenía que decidir si aplazar o no la prueba. Las actividades en el lago Balatón son vulnerables a los cambios repentinos del tiempo, que a veces pueden estar confinados regionalmente. La experiencia con PROFORCE puso de manifiesto que si bien las técnicas de predicción del EPS pueden mejorar la predictibilidad de estos cambios, se necesita todavía un desarrollo más a fondo, principalmente en el rango de la predicción inmediata a muy corto plazo.

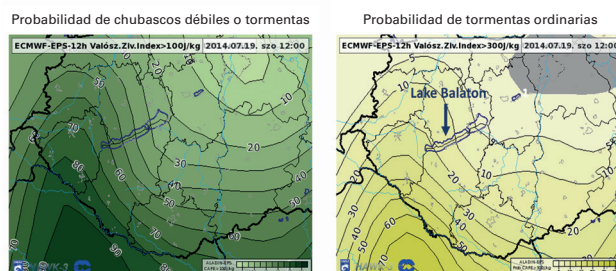
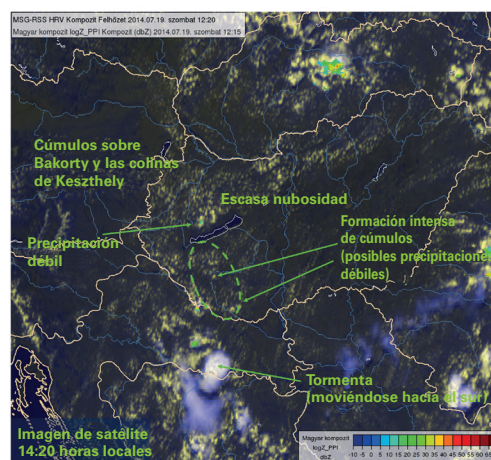
## Continuar en el futuro

PREFORCE fue un proyecto desafiante que esencialmente tenía dos objetivos. El primero fue construir un puente entre la comunidad de predicción, que observa el tiempo y conoce las fortalezas y debilidades de cada modelo individual, y la comunidad de protección civil, que se centra en los efectos del tiempo extremo. Crear entendimiento entre estos dos grupos fue un reto.

El segundo objetivo estaba relacionado con el manejo de probabilidades. Aun estando familiarizados con la investigación meteorológica y climática, las autoridades de protección civil, en menor medida, los meteorólogos apenas si están empezando a aprender a manejar y confiar en las probabilidades. El personal de protección civil debe recibir una formación regular con el fin de adquirir una mayor confianza a la hora de aplicar el concepto de predicción probabilística en la toma de decisiones cotidianas relacionadas con el despliegue de ayuda o la cancelación de eventos de masas.

Es importante resaltar que el sistema del EPS sin discontinuidad no sustituye completamente a los avisos normalizados que emite la oficina de predicción, que también tiene en cuenta otros resultados de modelos de predicción numérica del tiempo y las observaciones. Se pretende, sobre todo, proporcionar información adicional y detalles acerca de la distribución espacial y la intensidad de los parámetros meteorológicos.

Finalmente, todos los implicados en la cadena de aviso, desde las autoridades oficiales a los interesados a nivel local y, en última instancia, el público en general, se pueden beneficiar de este proyecto. El tiempo cambiante siempre supone nuevos retos tanto para meteorólogos como para expertos en protección civil. Aunque el proyecto PROFORCE ya ha finalizado, la cooperación transregional e interdisciplinaria que estableció continuará en el futuro.



Arriba: Imagen Meteosat (MSG) compuesta por el canal visible en alta resolución (HRV) y el infrarrojo que muestra la situación durante la prueba de travesía a nado del lago Balatón, el 19 de julio de 2014. Abajo: Predicción probabilística del EPS del CEPMMMP de que el índice de tormentas (CAPE) supere los umbrales de 100 J/kg (posibilidad de chubascos débiles o de tormentas) y 300 J/kg (posibilidad de tormentas ordinarias).

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a todos los colegas que contribuyeron al proyecto PROFORCE. Un agradecimiento especial a la junta de asesoría científica: Fritz Neuwirth, Matthias Steiner, Siegfried Jachs, Jianjii Wang, Simon Jackson y Alice Soares. Estamos agradecidos a György Heizler (DMDSC) y Johan Dantinger (NOEL-CP) por todo el material e información proporcionados. La ejecución del proyecto fue cofinanciada en un 75% por el Departamento de Ayuda Humanitaria y Protección Civil (ECHO) de la Comisión Europea.