

Trazas de la temperie

SECCIÓN COORDINADA POR
MANUEL LARA Y AMADEO URIEL
mlaraj@aemet.es

Estimación en alta resolución de la precipitación asociada a una tormenta ordinaria

PEIO ORIA IRIARTE – AEMET EN LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA

La estimación cuantitativa de la precipitación (QPE por sus siglas en inglés) es un activo campo de estudio que ha sido abordado por Servicios Meteorológicos, universidades, empresas y centros de investigación. Las estaciones meteorológicas automáticas (EMA) cuentan con pluviómetros que, en general, proporcionan mediciones de lluvia de alta precisión. Su desventaja es que, si su distribución espacial es pobre o si la variabilidad de la precipitación es muy alta (como en el caso de las tormentas o de las lluvias orográficas), una simple interpolación de las acumulaciones de precipitación registradas en los pluviómetros no aporta resultados satisfactorios. Por otro lado, los productos de teledetección tratan de estimar indirectamente la intensidad de precipitación. Su precisión es muy inferior a la de los pluviómetros pero por el contrario ofrecen una representación continua en el espacio de la ocurrencia de las precipitaciones. Por un lado los productos de estimación radar se basan en la exploración de un volumen polar mediante la emisión de una señal electromagnética hacia la atmósfera a distintas elevaciones y su posterior retrodispersión en blancos en forma de gotas de lluvia o copos de nieve¹. La reflectividad, una vez efectuadas una serie de correcciones, es trans-

tas longitudes de onda y es absorbida por el radiómetro del satélite en una serie de canales. Aun siendo inferido a través de las mediciones radiométricas, uno de los parámetros más importantes en el caso de la convección es la temperatura de brillo de las cimas de las nubes de tormenta. Cimas muy frías son congruentes con nubes de tormenta que se han desarrollado de manera muy violenta debido a que presentan fuertes corrientes verticales en su seno y, con seguridad, están dando lugar a precipitaciones intensas u otros fenómenos adversos en superficie. Los productos que ofrece el SAF NWC² están especialmente enfocados a la convección y al pronóstico a muy corto plazo de las tormentas.

Para tratar de explotar de manera óptima los beneficios de los dos métodos de observación descritos anteriormente y obtener así una mejor estimación de la precipitación convectiva puede optarse por una doble vía: Por un lado superar la limitación de una baja densidad de estaciones de pluviometría en superficie a través de la integración del mayor número posible de datos de observación, a menudo recurriendo a redes de organismos autonómicos, no meteorológicos (hidrológicos, agrarios, protección civil, etc.) o de aficionados. Gracias a la facilidad actual en la adquisición e instalación de estaciones de gama media y a los avances, tanto a la hora de compartir los datos en plataformas abiertas como en la cobertura de datos o en soluciones basadas en tecnologías *IoT*, ha aumentado notablemente el número de aficionados que deciden instalar una estación meteorológica. El hecho de que estas estaciones no tengan controles de calidad o que tengan una menor precisión que las profesionales puede superarse desechando sus valores en base a algún criterio relacionado con la comparación con estimaciones de radar o satélite. Por otro lado la fusión de ambas fuentes de datos ha de llevarse a cabo mediante un método que permita una combinación óptima entre la precisión de los datos de las EMA y la cobertura espacial de alta resolución que ofrecen los sistemas de teledetección, sobre todo el radar (figura 1). Las técnicas geoestadísticas como el kriging con deriva externa (KED) se encuentran entre las más apropiadas ya que tratan de minimizar los errores asociados al proceso de fusión (*merging*) de ambas fuentes de información³. Aparte de lo anterior, es necesario la preparación de algoritmos que capturen la información de las estaciones de distintas redes, de los datos de teledetección y que realicen análisis y transformaciones de los datos en un formato homogéneo y sobre un dominio común. Algunas de esas transformaciones incluyen reproyecciones, *downscaling* o interpolaciones. Actualmente determinados SIG así como lenguajes de programación como Python o R son especialmente adecuados para llevar a cabo este tipo de operaciones y análisis geoespaciales.

En las imágenes de la figura 2 se observa la cortina de agua y los impactos en superficie originados por la precipitación de una

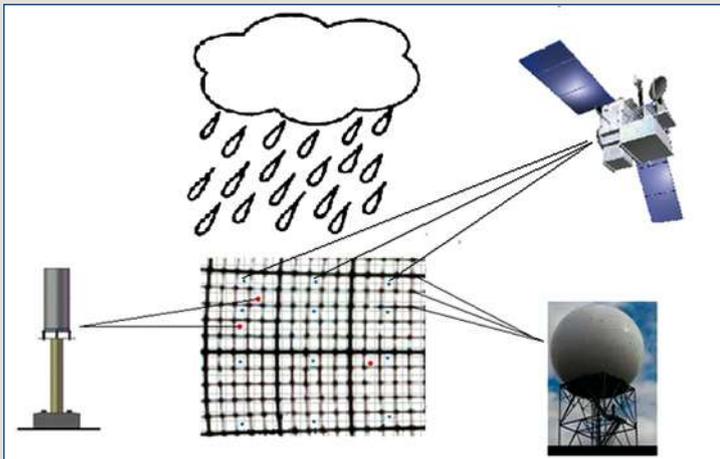


Figura 1. Distintos sistemas de medida o estimación de la precipitación de carácter convectivo. Pluviómetros pertenecientes a redes de estaciones de distintos organismos (puntos rojos) y rejillas en las que se despliegan datos de teledetección (negro para estimaciones basadas en productos de radar y azul para las basadas en satélite). Apréciase que es necesario transformar y homogeneizar los datos para tratarlos en un sistema de coordenadas, resolución y proyección comunes.

formada en una intensidad de precipitación haciendo uso de relaciones empíricas. Por otro lado los productos de satélite basan su estimación en la detección de energía remitida por la atmósfera y sus componentes (gases, gotitas de nube, cristales de hielo, aerosoles...) hacia el exterior. La energía se distribuye en distin-

¹ Radar Meteorology: Principles and Practice. Frédéric Fabry. Cambridge University Press, May 21, 2015

² <http://www.nwcsaf.org/> - EUMETSAT: SAF on support to Nowcasting (NWC SAF)

³ Remote Sensing of Precipitation, Volume 1. Silas Michaelides. MDPI Books. Published: July 2019.

tormenta ordinaria que se produjo en la Cuenca de Pamplona la tarde del 25 de abril de 2020 y que dio lugar a precipitación de intensidad torrencial acompañada de abundante granizo menudo. La tormenta se gestó al noroeste de la Cuenca de Pamplona y evolucionó según el ciclo de vida de tormenta unicelular. La tormenta comenzó desplazándose hacia el este y posteriormente hacia el sur y su duración rondó una hora entre las fases de desarrollo y disipación. Durante su tiempo de vida se han obtenido sucesivas QPE mediante la aplicación de un esquema KED empleando datos de un total de 17 estaciones meteorológicas (3 de AEMET, 2 del



Figura 2. Imagen de la tormenta de la tarde del 25 de abril de 2020 sobre la comarca de Pamplona tomada desde el concejo de Zariquiegui. Fuente: <https://twitter.com/misruticasenbtt>.

Gobierno de Navarra, 1 de la Universidad Pública de Navarra y 11 de aficionados) ubicadas a menos de 10 kilómetros del movimiento del núcleo de la tormenta así como los datos diezminutales del producto SRI (*Surface Rainfall Intensity*) del radar de AEMET ubicado en Zaragoza, a unos 150 km de la tormenta. La bondad de la estimación de la precipitación se evalúa mediante el método de correlación cruzada. Para generar la precipitación en periodos intermedios entre los diez minutos (en los que las EMA transmiten los datos y se llevan a cabo sucesivas exploraciones del radar) se hace uso de un esquema de advección, en concreto de una aproximación de flujo óptico basada en el método de visión artificial de Lukas-Kanade⁴. Por último la resolución de los campos, limitada por el producto radar a una rejilla de 1 km², es aumentada mediante interpolación simple a 100 m². Es importante resaltar que, tanto este incremento en la resolución espacial como el anterior de la temporal asociado al esquema de advección, se llevan a cabo mediante técnicas estadísticas que van más allá de la resolución real de los productos. Evidentemente el uso de estas técnicas de aproximación lleva aparejado un error al presentar un suavizado en la distribución espacial y representación de los campos QPE, máxime en un evento de precipitación convectiva con gran variabilidad en pequeñas escalas y elevadas intensidades de precipitación. En la figura 3 se muestran los campos QPE en los momentos aproximados de la precipitación más intensa sobre las localidades de Barañain y Zizur Mayor, ambas muy próximas a la capital navarra. Sobre los campos de precipitación se despliega la localización de los pluviómetros y la cantidad de precipitación acumulada en los diez minutos anteriores, así como las descargas eléctricas registradas por la red de detección de AEMET.

A pesar de que en la medición de intensidades puntuales de precipitación de carácter torrencial en escalas pequeñas (10 – 50 mm/ 10 minutos) los pluviómetros de balancín presentan una notable infraestimación⁵ es necesario destacar el valor añadido que proporcionan los datos de estaciones de aficionados. El hecho de que la tormenta se gestara en una zona densamente poblada como la Cuenca de Pamplona aumenta la probabilidad de que exista algún pluviómetro que recoja precipitación dado que el número de estaciones de aficionados es elevado y es esto lo que precisamente permite caracterizar bien el movimiento y, sobre todo, cuantificar la intensidad de la tormenta.

Una buena estimación de la precipitación convectiva y distribuible a tiempo real es vital para el *input* de los sistemas de alerta temprana de cara a prevenir impactos a la población y facilitar la posterior coordinación u organización de dispositivos de emergencia en el caso de producirse daños humanos o materiales. En el caso de los campos generados con la metodología propuesta hay dos proyectos europeos actualmente en desarrollo que se han interesado y van a hacer uso de este tipo de información en casos piloto de estudio^{6,7}. Estos proyectos están relacionados con la protección y la resiliencia frente a crecidas rápidas de cauces en pequeñas cuencas o inundaciones pluviales en núcleos urbanos. No hay que olvidar, por otro lado, que la comunidad científica ya ha demostrado que los eventos extremos asociados a precipitaciones de carácter torrencial, van claramente en aumento en un mundo cada vez más cálido⁸. Por ello, tanto en el caso del desarrollo de servicios climáticos como de alerta temprana, se considera fundamental contar con este tipo de información de gran precisión así como elevada resolución espacial y tiempo de refresco.

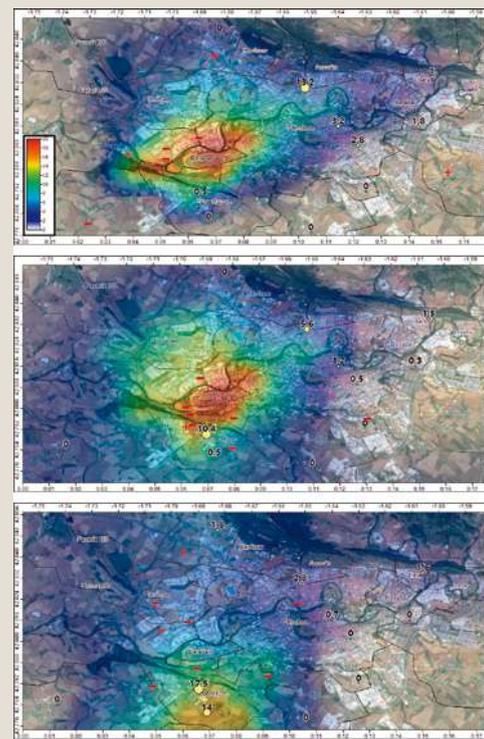


Figura 3. Campos de precipitación diezminutal que corresponden aproximadamente a la acumulación entre 17:10 h y 17:20 h locales (arriba), 17:20 h y 17:30 h (centro) y 17:30 h y 17:40 h (abajo). En la figura superior se representa la escala. Se indica mediante círculos amarillos la localización de las estaciones meteorológicas así como los datos de acumulación en 11 de los 17 pluviómetros empleados. El tamaño del círculo es proporcional a la cantidad registrada. También se incluyen los rayos nube-tierra detectados por la red de detección de descargas de AEMET, tanto los negativos (⊖) como los positivos (+).

Agradecimientos: a todos los aficionados que disponen de estaciones meteorológicas y comparten sus datos en plataformas abiertas para posteriores usos.

⁴ Optical Flow Measurement using Lucas Kanade Method, Dhara M. Patel, Saurabh Upadhyay, 2013, Computer Science, International Journal of Computer Applications

⁵ 2006: WMO Laboratory Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges (L.G. Lanza, M. Leroy, C. Alexandropoulos, L. Stagi and W. Wauben). Instruments and Observing Methods Report No. 84 (WMO/TD-No. 1304). Geneva

⁶ <https://lifenedapta.navarra.es/es/proyecto-Proyecto-NAadapta> ⁷ <https://saferplaces.co/#TheProject>, - Proyecto SaferPlaces

⁸ Changes in Climate Extremes and their Impacts on the Natural Physical Environment, Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Publisher: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA.