

SAF de Nowcasting (NWC SAF) liderado por AEMET

Pilar Rípodas⁽¹⁾, José A. Lahuerta⁽¹⁾, Javier García-Pereda⁽¹⁾, Miguel Á. Martínez⁽¹⁾, Xavier Calbet⁽¹⁾,
Llorenç Lliso⁽²⁾, Níobe Peinado-Galán⁽²⁾, Óscar Alonso⁽³⁾, Luis Guijarro⁽³⁾, Pedro Herruzo⁽⁴⁾

⁽¹⁾AEMET, Leonardo Prieto Castro 8, 28040 Madrid, España. pripodasa@aemet.es

⁽²⁾AEMET, Delegación Territorial de la C. Valenciana, Av. Botánico Cavanilles 3, 46010, Valencia, España.

⁽³⁾GMV Aerospace and Defence, SAU Isaac Newton 11, 28760 Tres Cantos – Madrid, España.

⁽⁴⁾Institute of Advanced Research in Artificial Intelligence, Vienna, Austria.

Resumen: El objetivo de la red de SAFs de EUMETSAT es obtener productos derivados de satélites para poder optimizar el uso de los datos de los satélites meteorológicos. Cada SAF (*Satellite Application Facility*) es un consorcio de varios servicios meteorológicos y otras instituciones de los estados miembros de EUMETSAT y está especializado en un área concreta: composición atmosférica, clima, análisis de la superficie de la tierra, del océano, hidrología, predicción inmediata, para modelos numéricos y radio ocultación. En particular el SAF de Nowcasting (NWC SAF) es un consorcio liderado por AEMET en el que participan además los servicios meteorológicos de Francia, Austria, Suecia y Rumanía. Su objetivo es la generación de productos para su aplicación en *Nowcasting* o predicción inmediata y predicción a muy corto plazo. El SAF de Nowcasting desarrolla, implementa y distribuye paquetes de software con los que se pueden generar productos a partir de datos de satélites polares y geostacionarios. Estos productos incluyen productos de nubes, de inestabilidad atmosférica, de precipitación, de iniciación de convección y de identificación y seguimiento de células convectivas, de vientos, de extrapolación de imágenes e identificación de ciertos fenómenos meteorológicos como el doblamiento de la tropopausa y ondas de gravedad. Estos productos son de utilidad para el seguimiento de fenómenos meteorológicos en tiempo real, con especial interés en el seguimiento de los fenómenos adversos, con aplicaciones también en el ámbito de la meteorología aeronáutica o en asimilación en modelos numéricos. La última versión del software para satélites geostacionarios y los planes de futuro del NWC SAF son presentados.

Palabras clave: red de SAFS de EUMETSAT, NWC SAF, *Nowcasting*, Meteosat, teledetección.

Nowcasting SAF (NWC SAF) led by AEMET

Abstract: *The objective of the EUMETSAT SAF Network is the generation of satellite derived products to contribute to the optimum use of the meteorological satellite data. Each SAF (Satellite Application Facility) is a Consortium of meteorological services and other institutions of the EUMETSAT member states, and is specialised in a concrete area: atmospheric composition, climate, land surface analysis, ocean, hydrology, nowcasting, numerical weather prediction and radio occultation. The Nowcasting SAF (NWC SAF) is a Consortium of the meteorological services of Spain, France, Austria, Sweden and Romania and is led by AEMET. Its objective is to ensure the optimum use of the satellite data on its application to nowcasting. For this, the NWC SAF develops, maintains and distributes software packages for geostationary and polar satellites that allow the generation of satellite products for nowcasting applications. These include cloud products, stability products, precipitation products, convection initiation, detection, characterization and tracking of convective cells, image and product extrapolation in time and identification of meteorological phenomena like tropopause folding and gravity waves. These products are of great interest for nowcasting, in particular for the tracking of severe weather, and also have applications in aviation meteorology and assimilation in NWP models. The more recent software version for geostationary satellites and the future plans of the NWC SAF are presented.*

Keywords: *EUMETSAT SAF network, NWC SAF, nowcasting, Meteosat, remote sensing.*

1. INTRODUCCIÓN

Los satélites meteorológicos han supuesto un gran avance para la observación del sistema tierra-atmósfera y la meteorología. Por ejemplo los modelos numéricos utilizados para la predicción del tiempo han mejorado mucho desde que las observaciones de los satélites permiten una mejor determinación del estado inicial de la atmósfera (Saunders, 2021).

Desde el primer satélite meteorológico TIROS-1 lanzado al espacio en 1960 por la NASA, el

número de satélites meteorológicos y de sensores que llevan a bordo ha crecido significativamente. Los satélites geostacionarios nos permiten hacer un seguimiento continuo de amplias zonas de la tierra en varias bandas espectrales con resoluciones espaciales y temporales cada vez mejores, como las que proporcionan los satélites de última generación Himawari-8/9 y la serie GOES-R (Goodman et al., 2019), similares a las que va a proporcionar el futuro satélite europeo Meteosat

Tercera Generación (MTG, *Meteosat Third Generation*, <https://www.eumetsat.int/meteosat-third-generation>) con resolución espacial de 2/1/0,5 km en el punto subsatélite, y temporal de 10/2,5 minutos (EUMETSAT, 2019). Por otro lado los satélites de órbita polar cubren la totalidad del globo terrestre con una periodicidad de aproximadamente 12 horas e incorporan otros tipos de sensores como por ejemplo radiómetros y sondeadores de microondas o escaterómetros como ASCAT.

Las imágenes de los satélites meteorológicos proporcionan en sí una valiosa fuente de información, pero para poder extraer el mayor beneficio de las mismas es necesario su procesamiento, que a veces incluye el uso de medidas y fuentes adicionales. Un gran número de grupos y científicos de diferentes instituciones a nivel mundial se dedican a extraer información de las observaciones de los satélites para diferentes aplicaciones.

Entre estos grupos destaca la red de SAFs de EUMETSAT (<https://www.eumetsat.int/about-us/satellite-application-facilities-safs>), a la que pertenece el SAF de Nowcasting liderado por AEMET.

En la sección 2 de este trabajo se presenta la Red de SAFs de EUMETSAT. En la sección 3 se presenta el SAF de Nowcasting (NWC SAF). En la sección 4 se presenta la nueva versión de software distribuida por el NWC SAF a principios de 2022, GEO v2021, haciendo hincapié en las mejoras respecto a la versión anterior. En la sección 5 se presenta la colaboración del SAF de Nowcasting con IARAI para el uso de métodos de *machine learning* en el campo de la teledetección y sus aplicaciones en la predicción inmediata. Finalmente, en las conclusiones se incide en la libre disposición de los productos proporcionados por la Red de SAFs de EUMETSAT para la comunidad científica y se mencionan los planes de futuro para los próximos años.

2. RED DE SAFS DE EUMETSAT

Los ocho SAFs de EUMETSAT son centros especializados para el procesamiento de datos de satélite.

El SAF de composición atmosférica (SAF *on Atmospheric Composition*, AC SAF, <https://ac-saf.eumetsat.int>) genera y proporciona productos de ozono y de otros componentes atmosféricos como por ejemplo NO₂, SO₂ y HCHO, productos de aerosoles e índice UV a partir de instrumentación a bordo de satélites polares.

El SAF de Clima (SAF *on Climate Monitoring*, CM SAF, <http://cm-saf.eumetsat.int>) genera y archiva datos de alta calidad para la monitorización del clima. Algunos ejemplos son cobertura nubosa, fase de la nube, temperatura, presión y altura del tope nuboso, duración de la exposición solar o radiación incidente en superficie.

El SAF de radio ocultación (SAF *on Radio Occultation Meteorology*, ROM SAF, <http://rom-saf.eumetsat.int>) utiliza esta técnica para proporcionar datos atmosféricos como refractividad o perfiles verticales de temperatura y humedad como entradas para modelos numéricos de predicción y para estudios de variabilidad climática.

El objetivo del SAF de predicción numérica (SAF *on Numerical Weather Prediction*, NWP SAF,

<http://nwp-saf.eumetsat.int>) es optimizar el uso de los datos de satélite para su aplicación en modelización numérica del tiempo. Proporciona paquetes de software para obtención, asimilación y monitorización de diferentes parámetros atmosféricos a partir de datos de satélite.

El SAF de océano (SAF *on Ocean and Sea Ice*, OSI SAF, <http://osi-saf.eumetsat.int>) proporciona productos para las zonas cubiertas por mar y/u océano, como viento en superficie, cobertura de hielo, temperatura del agua del mar o balance de radiación.

El SAF de tierra (SAF *on Land Surface Analysis*, LSA SAF, <http://lsa-saf.eumetsat.int>) proporciona para las zonas de tierra parámetros relacionados con el balance de radiación en superficie, con la vegetación, como el índice de cobertura vegetal o la detección de incendios, así como intercambios de energía, agua y carbono entre la superficie y la atmósfera.

El SAF de hidrología (SAF *on support to Operational Hydrology and Water Management*, H SAF, <http://h-saf.eumetsat.int>) proporciona productos de precipitación, de humedad del suelo y de nieve para aplicaciones hidrológicas y de gestión del agua.

Por último, el objetivo del SAF de Nowcasting (SAF *on support to Nowcasting and Very Short Range Weather Forecasting*, NWC SAF, <http://nwc-saf.eumetsat.int>) es la generación de productos derivados de satélite con aplicación en predicción inmediata (*Nowcasting*) y a muy corto plazo.

3. SAF DE NOWCASTING

El SAF de Nowcasting (Rípodas et al., 2016) es un consorcio formado por los servicios meteorológicos de España (AEMET), Francia (Météo-France), Austria (ZAMG), Rumanía (NMA) y Suecia (SMHI).

Para la optimización del uso de los datos de satélite en su aplicación a la predicción inmediata y a muy corto plazo, el SAF de Nowcasting desarrolla y mantiene paquetes de software que se distribuyen libremente a sus usuarios registrados. Con ellos se pueden generar productos para el área de interés del usuario en pocos minutos tras la recepción de los datos de satélite, siendo por ello muy apropiados para la predicción inmediata o *nowcasting*.

Actualmente hay un paquete de software para procesamiento de datos de satélites polares (NWC SAF PPS, NWC SAF *Polar Platform System*) y otro paquete para datos de satélites geoestacionarios (NWC SAF GEO).

Los productos que se pueden generar con el software incluyen:

- Para satélites geoestacionarios: productos de nubes (máscara de nubes, tipo de nube, temperatura, presión y altura del tope nuboso, fase y otros parámetros de microfísica de nubes), índices de estabilidad y contenido de agua en columna y por capas en zonas sin nubes, probabilidad de lluvia e intensidad de precipitación, iniciación de la convección, detección caracterización y seguimiento de células convectivas, vientos de alta resolución, detección de fenómenos relacionados con la turbulencia como el doblamiento de la tropopausa y ondas de gravedad, y la extrapolación

hacia delante en el tiempo de imágenes de satélite y de otros productos del NWC SAF.

- Para satélites polares: productos de nubes (máscara de nubes, probabilidad de cobertura nubosa, tipo de nube, temperatura, presión y altura del tope nuboso, fase y otros parámetros de microfísica de nubes) y vientos de alta resolución.

Los paquetes de software están en constante desarrollo para la mejora de los productos generados con los mismos y/o la incorporación de nuevos productos, siempre atendiendo a las necesidades de los usuarios.

Las versiones más actuales son PPS v2021 para satélites polares y GEO v2021 para satélites geoestacionarios.

En la página web del proyecto (<http://nwc-saf.eumetsat.int>) se puede encontrar información de los productos, sobre los algoritmos utilizados y las aplicaciones y limitaciones de los mismos. También se muestran en tiempo real los productos para las últimas versiones de software, generados por AEMET para satélites geoestacionarios y por SMHI para satélites polares.

El SAF de Nowcasting proporciona soporte a los usuarios para la instalación del software y generación de los productos en sus instalaciones. Así mismo participa en cursos de formación en el uso del software del NWC SAF e interpretación de los productos generados con él, e interviene en congresos y conferencias para difundir y dar a conocer los productos del SAF de Nowcasting.

En marzo de 2022 el SAF de Nowcasting comienza una nueva fase (2022-2027) en la que el principal reto es sacar el mayor beneficio posible de los satélites de nueva generación de EUMETSAT, MTG y EPS-SG, además de asegurar la continuidad de los servicios actuales.

4. NWC SAF GEO v2021

La cobertura espacial y temporal de los satélites geoestacionarios los hacen muy adecuados para la predicción inmediata en latitudes medias.

El paquete de software NWC SAF GEO permite generar los productos mencionados anteriormente a partir de datos de varios satélites geoestacionarios: series MSG, GOES-R y Himawari-8/9.

La versión GEO v2021 se ha distribuido a los usuarios a principios de 2022 e incorpora los últimos desarrollos científicos y varias mejoras técnicas entre las que destacamos:

- Para MSG y Himawari, los productos se pueden generar en cuanto los datos de la zona de interés están disponibles, sin esperar a que se reciban los datos de todo el campo de visión del satélite, disminuyendo la latencia de los productos, de gran importancia para la operatividad en *nowcasting*.
- Soporte a GOES-17 e Himawari-9, permitiendo generar los productos alrededor de todo el globo con cinco satélites geoestacionarios.
- Nuevo algoritmo basado en componentes principales para los productos de precipitación fundamentados en propiedades microfísicas de las nubes, con mejores estadísticos que las versiones anteriores.
- Uso de los datos de GLM (*Geostationary Lightning Mapper*) en el producto de detección y seguimiento

de células convectivas (RDT-CW) para el caso de GOES-R, sirviendo de preparación para el futuro satélite de EUMETSAT MTG que incorpora el instrumento MTG-LI (*Lightning Imager*) semejante a GLM.

Se muestran como ejemplo dos productos.

El producto HRW (*High Resolution Winds*) proporciona vientos calculados a partir del movimiento de trazadores de nubes y humedad atmosférica en imágenes sucesivas (García-Pereda et al., 2019). En la Figura 1 se muestra el producto generado para todo el globo para el 22 de junio de 2020 a las 12:00 UTC. Los diferentes colores representan vientos a diferentes alturas.

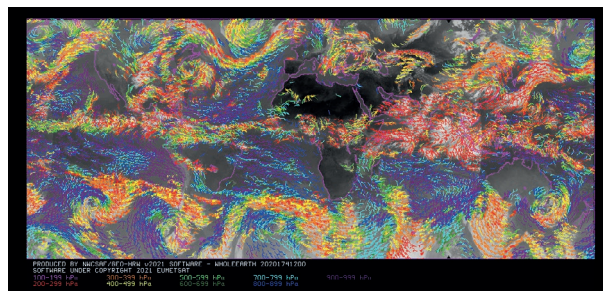


Figura 1. Vientos generados con el software del HRW de la versión GEO v2021 del NWC SAF en todo el globo para el 22 de Junio de 2020 a las 12:00 UTC. Diferentes colores indican diferentes alturas de los vientos.

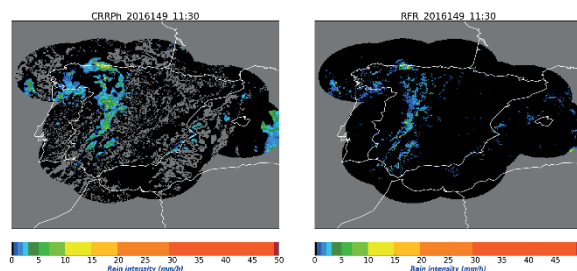


Figura 2. Intensidad de precipitación proporcionada por el producto CRRPh con la versión GEO v2021 del NWC SAF (izquierda) y por los radares de AEMET (derecha) para el 28 de mayo de 2016 a las 11:30 UTC.

El producto CRRPh (*Convective Rainfall Rate from microphysical properties*, Lahuerta, 2021) proporciona intensidad de precipitación para cada píxel del satélite. Se trata de una medida indirecta de la precipitación dado que el satélite “ve” el tope de las nubes pero no la precipitación debajo de ellas. Por tanto la precipitación estimada no puede competir con otras medidas de precipitación como son los radares meteorológicos o los pluviómetros. Sin embargo la precipitación derivada de satélite es fundamental en áreas con nula o baja cobertura por radares meteorológicos, como son los océanos o países del continente africano, en áreas donde la cobertura de radar no es buena, por ejemplo por el apantallamiento de una montaña, o en los momentos en que un radar falla por problemas técnicos.

En la imagen izquierda de la Figura 2 se muestra el producto CRRPh para el 28 de mayo de 2016 a las 11:30 UTC. La imagen derecha de la misma figura muestra la composición de radares de AEMET para el mismo

instante. Se observa como el CRRPh detecta la precipitación asociada al frente que recorre el oeste de la Península de norte a sur, así como la precipitación en la costa mediterránea y Baleares.

5. COLABORACIÓN CON IARAI

El equipo de trabajo es consciente del auge y de las posibilidades que el campo de la inteligencia artificial puede ofrecer a la meteorología en general y a la teledetección en particular, especialmente teniendo en cuenta que el volumen de datos que proporcionan los satélites está creciendo continuamente: mayores resoluciones espaciales, temporales y espectrales, mayor número de sensores y mayor número de satélites.

El equipo del SAF en AEMET está colaborando con IARAI (*Institute of Advance Research in Artificial Intelligence*, Austria) para avanzar en el empleo de la inteligencia artificial en las aplicaciones de la teledetección para *nowcasting*.

En este contexto se ha organizado una competición (Weather4cast, <https://www.iarai.ac.at/weather4cast/>, Gruca et al., 2021, Herruzo et al., 2021) abierta a la comunidad científica para desarrollar modelos que predigan algunos productos del SAF de Nowcasting ocho horas hacia adelante partiendo de los mismos productos en la hora anterior. Una publicación con los resultados está en preparación.

Una nueva competición en 2022 en la que además de datos de satélite se van a usar datos de radar del proyecto OPERA de EUMETNET (<https://www.eumetnet.eu/activities/observations-programme/current-activities/opera/>) con el objetivo de predecir precipitación unas horas hacia adelante está en preparación.

6. CONCLUSIONES

La RED de SAFs de EUMETSAT genera y proporciona una gran variedad de productos derivados de satélites en una gran variedad de campos. Estos productos se distribuyen libremente, y además de tener aplicaciones directas pueden servir de base para otros desarrollos.

El SAF de Nowcasting en particular está liderado por AEMET y proporciona paquetes de software que permiten generar productos derivados de satélite para predicción inmediata o *nowcasting*. Las últimas versiones de software son GEO v2021 para satélites geoestacionarios y PPS v2021 para polares.

En los próximos años el SAF de Nowcasting adaptará sus paquetes de software a los nuevos satélites de EUMETSAT MTG y EPS-SG, mejorará los productos actuales y proporcionará software para nuevos productos basados en los nuevos sensores, como el detector de actividad eléctrica LI en MTG-I o el sondeador hiperespectral IRS a bordo de MTG-S. Así mismo seguirá colaborando y explorando la aplicación de la inteligencia artificial en su aplicación en *nowcasting* con datos de satélite.

7. BIBLIOGRAFÍA

- EUMETSAT, 2019. METEOSAT Third Generation. The case for preparing national users. *Brochure: EUM/MTGUP/DOC/19/105780*.
- García-Pereda, J., Fernández-Serdán, J.M., Alonso, O., Sanz, A., Guerra, R., Ariza, C., Santos, I., Fernández, L. 2019. NWCSAF High Resolution Winds (NWC/GEO-HRW) Stand-Alone Software for Calculation of Atmospheric Motion Vectors and Trajectories. *Remote Sensing*, 11, 2032.
- Goodman, S.T., Schmit, T.J., Daniels, J., Redmon, R.J. (Eds.) 2019. *The GOES-R Series: A New Generation of Geostationary Environmental Satellites*. Elsevier.
- Gruca, A., Herruzo, P., Rípodas, P., Kucik, A., Briese, C., Kopp, M.K., Hochreiter, S., Ghamisi, P., Kreil, D.P. 2021. CDCEO'21 - First Workshop on Complex Data Challenges in Earth Observation. En *Proceedings of the 30th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM '21)*, October 2021, pp. 4878-4879.
- Herruzo, P., Gruca, A., Lliso, Ll., Calbet, X., Rípodas, P., Hochreiter, S., Kopp, M., Kreil, D.P. 2021. High-resolution multi-channel weather forecasting – First insights on transfer learning from the Weather4cast Competitions 2021. En *2021 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 2021, pp. 5750-5757.
- Lahuerta, J.A. 2021. Algorithm Theoretical Basis Document for the Precipitation Product Processors of the NWC/GEO. *Agencia Estatal de Meteorología, Manuales técnicos*. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11765/13430>
- Rípodas, P., Legleau, H., Kerdraon, G., Moisselin, J.M., Autones, F., García-Pereda, J., Martínez, M.A., Marcos, C., Jann, A., Wirth, A., Calbet, X., Alonso, O., Ariza, C. 2016. NWC SAF GEO v2016. New products, changes and improvements. En *Proceedings for the 2016 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, 26-30 September 2016*. Darmstadt, Germany.
- Saunders, R. 2021. The use of satellite data in numerical weather prediction. *Weather*, 76, 95-97.