

El Proyecto SAF de *Nowcasting* (NWCSAF)

Cecilia Marcos y Pilar Fernández. AEMET - Madrid

EL concepto de SAF (*Satellite Application Facility*) fue introducido por EUMETSAT en 1992 para aprovechar las habilidades y conocimientos de sus estados miembro. Estos Centros de Aplicaciones de Satélite son considerados centros de excelencia para el procesado y la explotación de los datos de satélite. Su misión es el procesado de las observaciones tomadas por los satélites para la generación de productos meteorológicos y geofísicos de alto valor añadido que son usados en determinadas áreas de actividad o temas meteorológicos. Actualmente existen ocho SAFs que proporcionan software, productos y servicios, algunos lo hacen ya de manera operacional y otros continúan bajo desarrollo.

La red de SAFs forma parte del Segmento Terreno de Aplicaciones de EUMETSAT y los servicios, datos y desarrollos que se realizan dentro de estos SAFs complementan aquellos llevados a cabo por el Sistema Central de Aplicaciones de Satélite (CAF) de EUMETSAT. Uno de estos centros es el SAF de *Nowcasting* (NWCSAF).



Figura 1 - Localización de los centros que lideran cada uno de los SAF que componen la red de SAFs de EUMETSAT

El SAF de *Nowcasting* se crea en 1996 con el fin de mejorar la explotación de los datos recogidos por los satélites Meteosat Segunda Generación (MSG) y los sensores embarcados en las plataformas polares MetOp y NOAA, y facilitar con ello las labores de *nowcasting*. Su objetivo es el continuo desarrollo y distribución de paquetes de software orientados a la obtención de productos útiles en las labores de *nowcasting*, así como proporcionar un soporte a los usuarios de manera rápida y eficaz. Estos paquetes de software son instalados de manera local por los usuarios. Ya que las labores de *nowcasting* dependen de la disponibilidad de productos derivados de datos de satélite en tiempo casi real y de su consiguiente interpretación por parte de los predictores, los objetivos del SAF del *Nowcasting* son la creación y distribución del software para que los usuarios

puedan obtener los productos de manera local así como el soporte a los usuarios y la formación necesaria para poder sacar el máximo partido de dicha información. Además, dicho software es capaz de reprocesar los productos disponibles con datos de archivo, permitiendo al usuario el estudio de situaciones pasadas en el área elegida de acuerdo con sus necesidades.

El paquete de software distribuido por el SAF de *Nowcasting* puede ser instalado en cualquier PC con sistema operativo Linux. También corre bajo Solaris e IBM AIX.

Los productos obtenidos a través del software que distribuye el SAF de *Nowcasting* a sus usuarios son estudiados y mejorados de manera continua a través de los estudios de validación llevados a cabo por el equipo científico del proyecto y de acuerdo con las necesidades de los usuarios.

Actualmente el SAF de *Nowcasting* cuenta con 90 usuarios entre los que se encuentran servicios meteorológicos de países miembros y asociados a EUMETSAT, universidades como la Universidad Nacional de Irlanda y la Universidad de Berna (Suiza), compañías privadas como Austro Control y MeteoConsult e instituciones como BGIO y CNRS.

El proyecto SAF de *Nowcasting* está formado por un consorcio en el que participan la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), que actúa como entidad líder, y los servicios meteorológicos de Francia (Météo-France), Suecia (SMHI) y Austria (ZAMG).

Productos meteorológicos

El paquete de software distribuido por el SAF de *Nowcasting* permite la generación de 13 productos para ser utilizados como apoyo a las labores operativas y de investigación. El paquete tiene dos partes que se diferencian en el tipo de datos de entrada suministrados. La parte NWC-SAF/MSG está preparada para ser utilizada con datos del satélite MSG y la parte NWCSAF/PPS corre con datos recogidos por los satélites de las series MetOp y NOAA.

Existen distintos tipos de productos. Por una parte están los productos de nubes. Estos están presentes tanto en la parte NWCSAF/MSG como en la NWCSAF/PPS. Estos productos son la Máscara Nubosa (*Cloud Mask*), el Tipo de Nube (*Cloud Type*) y la Temperatura, Presión y Altura de los Topes Nubosos (*Cloud Top Temperature and Height*). Por otra parte están los productos dedicados a precipitación y convección. Entre ellos se encuentran el producto de Nubes Precipitantes (*Precipitating Clouds*), el de Precipitación Convectiva (*Convective Rainfall Rate*) y el de Tormentas en Rápido Desarrollo (*Rapid Development*)

Thunderstorms). De estos, el único que además de encontrarse en la parte de NWCSAF/MSG también se encuentra en NWCSAF/PPS es el producto de Nubes Precipitantes. El resto de productos están únicamente disponibles en el paquete NWCSAF/MSG. Entre estos últimos se encuentran los productos de aire claro, que se dividen en Agua Precipitable Total (*Total Precipitable Water*) y por Capas (*Layered Precipitable Water*), e Imagen de Análisis de Estabilidad (*Stability Analysis Imagery*). Por último están el producto de vientos, Vectores de Viento a Alta Resolución (*High Resolution Winds*) y los de modelos conceptuales, Análisis de Masas de Aire (*Air Mass Analysis*) e Interpretación Automática de Imágenes (*Automatic Satellite Image Interpretation*). A continuación se da una breve descripción de cada uno de ellos.

La Máscara Nubosa identifica como nuboso, parcialmente nuboso, sin nube o cubierto de nieve o hielo, a cada uno de los píxeles de la imagen. Además, este producto también dispone de *flags* que identifican nubes de polvo y plumas volcánicas.

El producto correspondiente al Tipo de Nube clasifica cada uno de los píxeles identificados como nubosos asignándole un tipo de nube. Dicha clasificación diferencia entre nubes fraccionales, semitransparentes, altas, medias y bajas (incluyendo niebla). Además dispone de un *flag* que proporciona información sobre la fase del tope nuboso. Un ejemplo de la salida principal de este producto se puede observar en la Fig. 2.

El producto Temperatura y Altura de los Topes Nubosos proporciona información acerca de la temperatura, altura y presión de cada uno de los píxeles que han sido identificados como nubosos en la imagen de satélite.

Nubes Precipitantes asigna probabilidades de precipitación dentro de intervalos predefinidos a todas las nubes clasificadas como precipitantes dentro de una imagen.

El producto de Precipitación Convectiva dispone de dos salidas principales. Una de ellas asigna cantidades de precipitación instantánea a las nubes convectivas y a aquellas estratiformes asociadas con convección, dentro de intervalos predefinidos. La otra da información sobre la acumulación de precipitación producida en la última hora en el mismo tipo de nubes e intervalos que lo hace la salida anterior.

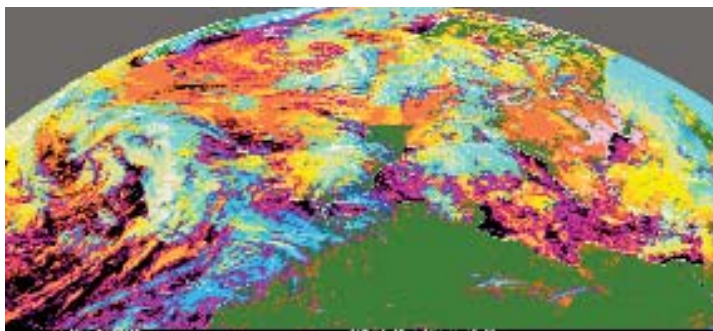


Figura 2 - Salida principal del producto Tipo de Nube correspondiente a las 12:00 UTC del día 4 de enero de 2011.

El producto de Tormentas en Rápido Desarrollo tiene como objetivo la identificación, vigilancia y seguimiento de sistemas de nubes convectivas así como la detección de células convectivas de crecimiento rápido. Un ejemplo de este producto se muestra en la Fig. 3.

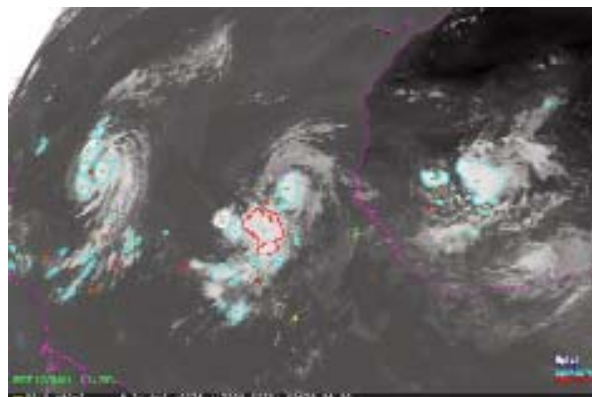


Figura 3 - Resultado del producto Tormentas en Rápido Desarrollo durante la evolución de los huracanes Danielle y Earl el 24 de agosto de 2010.

Los productos de aire claro se pueden obtener a partir de dos procedimientos distintos. El primero de ellos son las redes neuronales, que han sido entrenadas para proporcionar información sobre el agua precipitable total y el agua precipitable por capas en milímetros, así como información sobre el índice de inestabilidad *Lifted Index* (LI), para todos los píxeles no nubosos de una imagen. La otra aproximación consiste en un *retrieval* físico que además de dar información sobre los parámetros anteriormente mencionados, calcula los índices de inestabilidad *Shower Index* (SHW) y *K-Index* (KI).

Los Vectores de Viento a Alta Resolución proporcionan información sobre conjuntos de vectores de movimiento atmosférico en diferentes niveles de presión a alta resolución. Además, este producto proporciona información sobre el posible error cometido en el cálculo de los vectores de viento en términos probabilísticos. Se muestra un ejemplo de este producto en la Fig. 4.

El producto Análisis de Masas de Aire hace una clasificación de las masas de aire que se encuentran en la imagen tratando de identificar las zonas de aire cálido y húmedo donde es más probable que se inicien fenómenos convectivos. También busca las regiones con fuertes gradientes de temperatura potencial equivalente que indican posibles zonas prefrontales donde existe una probabilidad más alta de formación de células convectivas. Además trata de localizar de manera objetiva las zonas más oscuras de las imágenes de vapor de agua donde existe aire seco en la troposfera alta, cuya existencia también está relacionada con el inicio de la convección.

El producto Interpretación Automática de Imágenes tiene dos posibles salidas. Una en la que los resultados han sido calculados únicamente utilizando las bandas del sensor SEVIRI y otra en la que además de estas, se han utili-

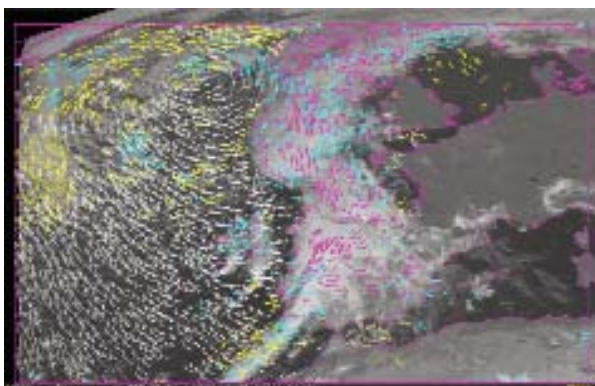


Figura 4 - Vectores de viento mostrados por el producto Vectores de Viento a Alta Resolución durante la tormenta tropical *Gordon* el 21 de septiembre de 2006.

zados parámetros tomados de un modelo numérico. El objetivo de este producto es localizar en la imagen los distintos tipos de situaciones que se puedan estar dando en base a modelos conceptuales. De esta forma, Interpretación Automática de Imágenes, es capaz de localizar zonas frontales, oclusiones, ciclogénesis rápidas, nubosidad provocada por ondas de Lee, etc. La Fig 5 muestra un ejemplo de la salida de este producto.

Existen dos formatos de salida para los productos del SAF de *Nowcasting*. Aquellos cuyo resultado toma la forma de una imagen se generan en formato HDF5 (*Hierarchical Data Format 5*) y aquellos cuya salida tiene la forma de un boletín se generan en formato BUFR (*Binary Universal Form*).

Actualmente el proyecto SAF de *Nowcasting* se encuentra en una etapa de continuo desarrollo y operaciones enmarcada entre los años 2007 y 2012, en la que la mayor parte de los productos han sido declarados operacionales en las auditorías externas, tanto científicas como técnicas, a las que se ve sometido el proyecto. Además, en estos momentos, el equipo del proyecto está trabajando en el diseño de una nueva etapa de trabajo que tendrá lugar entre los años 2012 y 2017, en la que se prevén importantes avances y mejoras en casi todos los productos, además de la creación de productos nuevos, siempre basados en las necesidades expresadas por los usuarios.

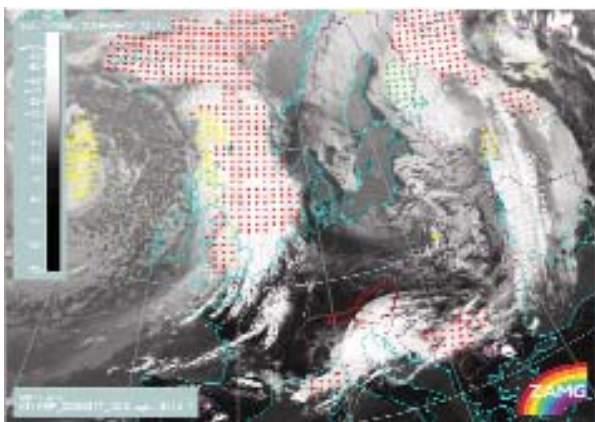


Figura 5 - Resultado del producto Interpretación Automática de Imágenes superpuesto a la nubosidad mostrada en el canal 10,8 μm de SEVIRI el 17 de junio de 2009.

Soporte a usuarios

Como ya se ha mencionado anteriormente, el objetivo del proyecto, además de la creación y distribución del software, es la atención y soporte a usuarios. Dicho soporte, que cubre tanto cuestiones técnicas como científicas, se hace de manera rápida y eficiente a través de una página web denominada NWCSAF Help Desk (www.nwcsaf.org). Esta web tiene una parte externa abierta a todo el público, cuyo aspecto se observa en la Fig. 6, y una parte interna restringida a los usuarios con licencia. En la parte externa puede encontrarse información general acerca del proyecto, toda la documentación referente a la última versión de software distribuida, información sobre visitas científicas realizadas en el marco del proyecto y las condiciones de distribución del software. También existe una sección dedicada a publicitar los eventos más recientes relacionados con el proyecto y otra sección, denominada “*Topical Images Gallery*” en la que se pueden encontrar situaciones



Figura 6 - Vista de la página externa del Help Desk del SAF de *Nowcasting*.

interesantes mostradas a través de las salidas de los productos, comparaciones con otro tipo de productos e información acerca del funcionamiento de algunos productos.

Aunque lo que se distribuye a través del proyecto SAF de *Nowcasting* es software, AEMET tiene implementado un sistema de referencia local en el que se procesan todos los productos en su versión más reciente, en tiempo casi real, en un área que cubre toda Europa. Las salidas de este sistema de referencia son puestas a disposición del público a través de la página externa del NWCSAF Help Desk.

Desde la parte interna del NWCSAF Help Desk, los usuarios con licencia pueden descargarse la última versión del paquete de software, hacer preguntas y sugerencias en un buzón de correo específicamente destinado a ello, enviar informes sobre posibles errores detectados, descargar toda la documentación referente al proyecto no solo la versión más reciente, acceder a un apartado de preguntas más frecuentes acerca de cómo instalar el software, etc.

En cada una de las fases del proyecto se organizan talleres específicos en los que se informa a los usuarios sobre los distintos aspectos de los productos y del funcionamiento y evolución del proyecto. En dichos talleres los propios usuarios también tienen la oportunidad de comentar sus experiencias con los productos además de hacer sugerencias acerca de sus necesidades futuras. Esta información recopilada en los talleres, así como la recogida a

través de encuestas rellenas por los propios usuarios, es utilizada con el fin de seguir mejorando el resultado de los productos desarrollados en el marco del proyecto.

Como ejemplo de los productos generados por el SAF se ofrecen a continuación descripciones detalladas de algunos de ellos, desarrollados por técnicos de AEMET.

NWCSAF: Producto de precipitación convectiva PGE05-*Convective Rainfall Rate (CRR)*

Cecilia Marcos y Antonio Rodríguez. AEMET - Madrid

EL objetivo del producto PGE05 CRR (*Convective Rainfall Rate*) del NWCSAF es la estimación de la cantidad de precipitación (instantánea y acumulaciones horarias) asociada a sistemas convectivos mediante la utilización de canales SEVIRI (IR10.8, WV6.2 y VIS0.6) y de matrices de calibración generadas a partir de datos SEVIRI y radar. Este producto se puede obtener, con la misma resolución de la imagen de satélite, cada 15 minutos (modo normal) a partir de los datos SEVIRI emitidos por el satélite MSG-2, y cada 5 minutos (modo *Rapid Scan*) si se utiliza la información procedente del satélite MSG-1.

brillo del canal infrarrojo (IR - 10,8 μm) y de la reflectancia del canal visible (VIS - 0,6 μm), respectivamente. Además, la diferencia de temperaturas de brillo de los canales del infrarrojo (IR - 10,8 μm) y del vapor de agua (WV - 6,2 μm) es un parámetro muy útil para detectar nubes convectivas con precipitaciones intensas.

El valor básico de la intensidad de precipitación CRR para cada píxel se obtiene de matrices de calibración. Estas matrices son diferentes si el software utiliza o no el canal solar, de forma que la intensidad de precipitación R se obtendría como función de tres o dos variables. A saber:

$$R = f(\text{IR}, \text{IR-WV}, \text{VIS}), \text{ para calibración 3-D}$$

$$R = f(\text{IR}, \text{IR-WV}), \text{ para calibración 2-D}$$

El método de calibración está basado en técnicas estadísticas a partir de la comparación píxel a píxel de las intensidades de precipitación de las imágenes de composición radar con la información de los correspondientes canales SEVIRI. Para ello, a parte de la coincidencia temporal de ambas imágenes, se busca una coincidencia geográfica a través de la reproyección de las imágenes radar a la proyección del satélite. Los datos radar se utilizan solo para el entrenamiento del sistema, no usándose directamente en el proceso de cálculo de las intensidades CRR. Debido a que el producto CRR trata de asignar precipitación en eventos convectivos, el proceso de calibración se ha llevado a cabo únicamente con fenómenos de este tipo. Para ello se ha hecho uso de la información proporcionada por el producto *EchoTop* del radar, de manera que el área de calibración se ha restringido a cajas de 15x15 píxeles alrededor de zonas con al menos 3mm/h de intensidad de precipitación y ecos de 6 km simultáneamente. Una imagen de este tipo puede observarse en la Fig. 2.

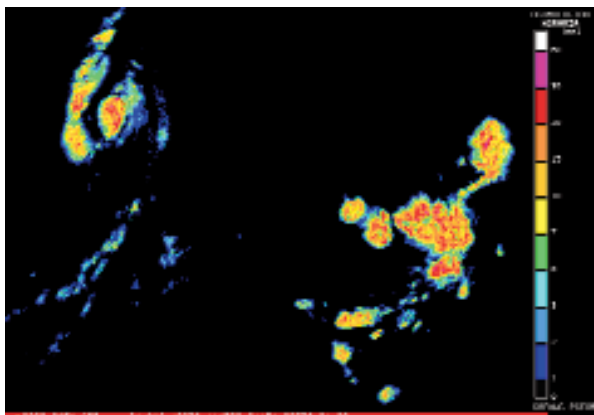


Figura 1 - Acumulaciones horarias de precipitación convectiva detectadas por el producto CRR durante la evolución de los huracanes *Danielle* y *Earl* el 24 de agosto de 2010

El algoritmo desarrollado para el producto CRR se basa en la hipótesis de que las nubes altas con gran espesor vertical son las que más probabilidad tienen de producir precipitación. Información de la altura del tope nuboso y del espesor de la nube se puede obtener de la temperatura de