

## PRODUCTOS EN AIRE CLARO DESARROLLADOS POR AEMET DENTRO DEL PROYECTO SAF DE “NOWCASTING”

Miguel Ángel Martínez Rubio

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Calle Leonardo Prieto de Castro nº 8, Madrid, 28040 Madrid.  
Tel: 91 5819 668. E-mail: [mmartinezr@aemet.es](mailto:mmartinezr@aemet.es)

### RESUMEN

El objetivo del SAF del “Nowcasting” (NWC SAF) es el desarrollo de software para la obtención de productos de interés en la predicción meteorológica a muy corto plazo (“Nowcasting”) usando los datos del MSG (METEOSAT Segunda Generación). El producto PGE13 SPhR obtiene el agua precipitable total (TPW), el agua precipitable en tres capas (LPW) y varios índices de inestabilidad en los píxeles libres de nubes; está basado en un algoritmo de estimación óptima. Está prevista la adaptación del software de PGE13 para el uso con GOES-R y con los futuros satélites METEOSAT Tercera Generación (MTG).

**Palabras clave:** METEOSAT, MSG, MTG, TPW, LPW, LI.

### ABSTRACT

The NWC SAF aim is the development of software for the generation of several nowcasting related products using data from the Meteosat Second Generation (MSG). The PGE13 SPhR product gets the TPW, the precipitable water in three layers (LPW) and several stability indices in cloud-free pixels. PGE13 SPhR is based on an optimal estimation algorithm. It is planned the adaptation of the software for use with GOES-R and the future satellites of Meteosat Third Generation (MTG).

**Keywords:** METEOSAT, MSG, MTG, TPW, LPW, LI.

### 1. INTRODUCCIÓN: SAF DE NOWCASTING

El segmento terreno de EUMETSAT está actualmente formado por la “Central Application Facility” (CAF), situada en la sede central de EUMETSAT en Darmstadt (Alemania), y una red distribuida de ocho “Satellite Application Facility” (SAF). <http://www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/GroundNetwork/ApplicationGroundSegment/SAFs/index.htm>

Cada SAF está especializado en la obtención de diferentes tipos de productos. Uno de los SAFs es el SAF de Nowcasting (de aquí en adelante NWC SAF).

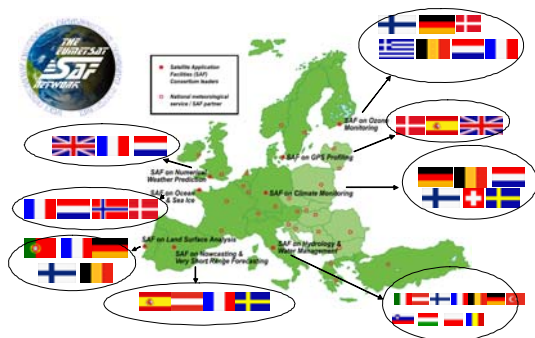


Figura 1. Esquema de la Red de SAFs.

El consorcio NWC SAF (<http://www.nwcsaf.org>) está formado por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), que actúa como entidad líder, y los servicios

meteorológicos de Francia (Météo-France), Suecia (SMHI) y Austria (ZAMG). NWC SAF comenzó en 1996 y se encuentra actualmente en su tercera fase CDOP-2 (2012 al 2017).

El objetivo de NWC SAF es desarrollar software para la generación de productos de interés en la predicción meteorológica a muy corto plazo (en inglés “Nowcasting”) usando los datos de los satélites METEOSAT de Segunda de Generación (MSG) y de METOP. NWC SAF distribuye y mantiene dos paquetes de software: NWCSAF/MSG y NWCSAF/PPS.

NWCSAF/MSG está preparado para procesar las imágenes de los satélites geoestacionarios MSG. NWCSAF/PPS está preparado para procesar las imágenes de los satélites polares europeos METOP y los americanos NOAA; este paquete es responsabilidad de SMHI.

Actualmente hay 89 usuarios entre servicios meteorológicos nacionales, centros de investigación, universidades y empresas. NWCSAF/MSG es instalado localmente por los usuarios en un PC con sistema operativo Unix (Linux, Solaris y AIX). NWCSAF/MSG está diseñado para ser usado operativamente y generar en tiempo real los productos, en regiones configurables por el usuario, tras la recepción de una nueva imagen de MSG (cada 15 minutos ó cada 5 minutos en modo “Rapid-Scan”).

### 1.1 Productos del paquete NWCSAF/MSG

NWCSAF/MSG genera distintos tipos de productos. En primer lugar están los productos para la detección y clasificación de píxeles con nubes; estos productos son desarrollados por Météo-France. Los productos son: Máscara Nubosa (PGE01 CMA), Tipo de Nube (PGE02 CT) y Temperatura y Altura de los Topes Nubosos (PGE03 CTTH). La máscara nubosa es el primer producto que se genera a la llegada de una nueva imagen de MSG.

A continuación tenemos dos productos para la estimación de la precipitación. Estos son: estimación de Precipitación en Nubes (PGE04 PC) y estimación Precipitación Convectiva (PGE05 CRR). Ambos productos son ahora responsabilidad de AEMET.

También son responsabilidad de AEMET los productos: a) PGE13 SPhR (SEVIRI Physical Retrieval) para la obtención de parámetros relacionados con el contenido de agua precipitable y la estabilidad en píxeles sin nubes (aire claro) y b) producto para la generación de Vectores de Viento a Alta Resolución (PGE09 HRW).

Finalmente, hay dos productos para asignación de píxeles a modelos conceptuales (desarrollados por ZAMG) y otro dedicado al seguimiento de sistemas convectivos (Météo-France). Los productos con modelos conceptuales son Análisis de Masas de Aire (PGE10 AMA) e interpretación de imágenes (PGE11 ASII). El producto de seguimiento de sistemas convectivos es Tormentas de Rápido Desarrollo (PGE12 RDT).

Todos los productos son continuamente validados y mejorados de acuerdo con los requisitos de los usuarios.

El soporte a los usuarios se hace mediante el servidor web del NWC SAF ([www.nwcsaf.org](http://www.nwcsaf.org)) y cubre tanto cuestiones técnicas como científicas.



Figura 2. Vista de <http://www.nwcsaf.org>

Aunque el objetivo de NWC SAF es generar software y no productos, AEMET mantiene en la parte externa del web el llamado sistema de referencia en el que están disponibles en tiempo real y libremente las salidas de todos los productos para un área que cubre toda Europa.

### 2. PGE13 SPhR (Seviri Physical Retrieval)

PGE13 SPhR es el producto de aire claro en NWCSAF/MSG. PGE13 estima en píxeles libres de nubes el contenido de agua precipitable total (TPW), el agua precipitable en tres capas (BL: superficie a 850 hPa; ML: 850 hPa a 500 hPa, HL: capa por encima de 500 hPa) y varios índices de inestabilidad [Liftex Index (LI), Showalter Index (SHW) y K-Index (KI)].

Estos parámetros no pueden informar por sí mismos si los desarrollos convectivos llegarán a producirse, pero la monitorización en los píxeles libres de nubes de los cambios en la distribución del agua precipitable y la estabilidad de la atmósfera proporcionan información útil sobre ingredientes claves en el disparo de la convección.

Además, PGE13 proporciona información en tiempo real sobre las regiones donde el modelo numérico previsto discrepa de los datos observados por el satélite; esto es clave ya que los análisis de los modelos numéricos no están disponibles hasta pasadas varias horas de la observación (ventana de asimilación).

#### 2.1. Descripción de entradas y algoritmo

PGE13 utiliza como principal entrada varios canales IR de MSG (WV6.2, WV7.3, IR10.8, IR12.0, IR13.4).

Además, dado el bajo número de canales IR es necesario usar los perfiles de temperatura y humedad previstos de un modelo numérico.

Para procesar sólo los píxeles libres de nubes la última entrada es la máscara nubosa leída del PGE01 CMA.

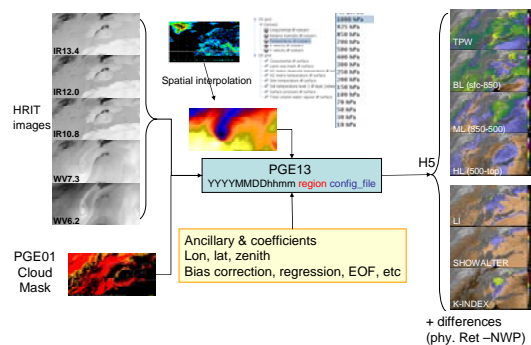


Figura 3. Esquema de entradas y salidas del producto PGE13 SPhR.

PGE13 SPhR está basado en un algoritmo de estimación óptima (también conocido como “physical retrieval”). El algoritmo realiza un proceso iterativo de ajuste de los perfiles de temperatura y humedad del modelo numérico previsto. Para modificar los perfiles usa las diferencias entre las temperaturas de brillo de los canales IR de MSG y las temperaturas de brillo sintéticas calculadas a partir de los perfiles de temperatura y humedad del modelo numérico previsto. En el cálculo de temperaturas de brillo sintéticas y jacobianos se utiliza

el modelo de transferencia radiativa RTTOV del NWP SAF.

El algoritmo de PGE13 SPhR tiene algunas mejoras sobre la aproximación clásica:

- Uso de una regresión no lineal para calcular el campo previo (“First-Guess”). En lugar de usar directamente como campo previo los perfiles del modelo numérico, el campo previo es el resultado de una regresión no lineal usando como entradas los perfiles del modelo numérico y las temperaturas de brillo de MSG tras corregir de bias.
- Uso de funciones ortogonales empíricas (EOFs, Empirical Orthogonal Functions) para representar los perfiles de temperatura y humedad y reducir la dimensión de las matrices a invertir.
- Uso de un parámetro de regularización para mejorar la convergencia de la solución.

El algoritmo de PGE13 es muy parecido al usado por la NOAA operacionalmente para los satélites geoestacionarios estadounidenses GOES.

La primera versión fue proporcionada en 2007 en una actividad de Visitante Científico por el Dr. Jun Li (Li *et al.*, 1999 y 2000) del CIMMS de la Univ. de Wisconsin (<http://www.ssec.wisc.edu/~junli/>)

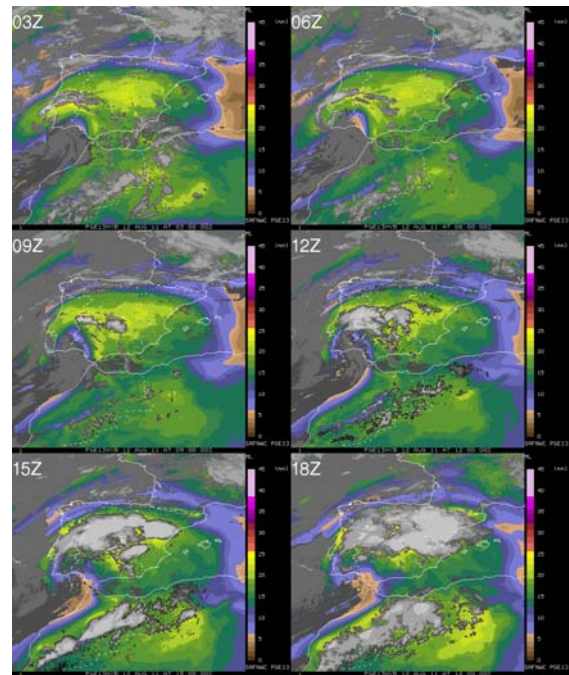
Esta primera versión fue adaptada por AEMET para el uso de RTTOV e integrada en la versión 2010 de NWCSAF/MSG (Martínez *et al.*, 2010). En los años sucesivos, todos los coeficientes de PGE13 han sido validados y recalculados por AEMET usando una base de datos con imágenes MSG y ficheros GRIB (análisis y previstos) del modelo ECMWF. Además se han introducido algunas mejoras (Martínez *et al.*, 2011). La última mejora introducida ha sido la posibilidad de usar como entrada de PGE13 los ficheros GRIB del ECMWF en coordenadas híbridas (137 niveles híbridos desde Junio de 2013) en lugar del uso de ficheros GRIB del ECMWF en niveles de presión (sólo 15 niveles disponibles). Las Figuras 4 a 6 han sido generadas con esta mejora.

## 2.2. Salidas y uso de PGE13 SPhR.

Aunque durante la ejecución de PGE13 se obtienen internamente los perfiles de temperatura y humedad en los 43 niveles de presión del RTTOV, el bajo número de canales IR hace aconsejable el calcular parámetros integrados en capas. Por este motivo, las salidas de PGE13 son los parámetros: TPW, LPW (BL, ML, HL) y tres índices de inestabilidad (LI, Showalter y KI). El resultado de PGE13 es un fichero en formato HDF-5.

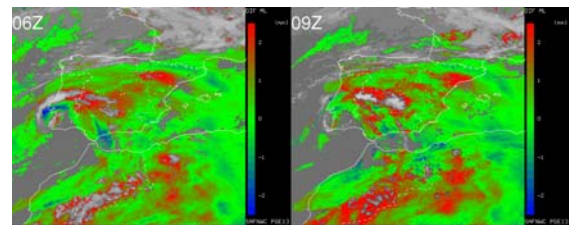
Para el uso operacional se recomienda usar la misma visualización que la que utiliza el CIMSS/Wisconsin para GOES; por este motivo se han incluido en el fichero HDF-5 las mismas paletas. En los píxeles

despejados se usa una paleta de color y en los píxeles cubiertos por nubes se utiliza una paleta gris y se asigna el valor de una imagen IR.



**Figura 4.** Secuencia cada tres horas del parámetro ML (agua precipitable en la capa 850-500 hPa). Convección sobre P. Ibérica. Día 12 Agosto 2011.

Como salidas adicionales del producto se proporcionan las diferencias entre los parámetros de PGE13 y los mismos calculados con los campos previstos por el modelo numérico usado como entrada.

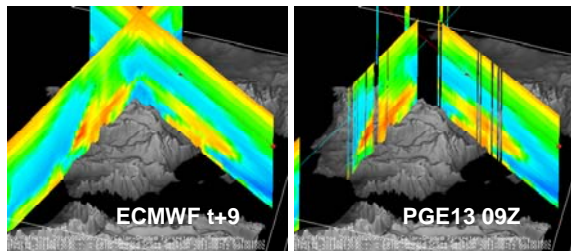


**Figura 5.** Diferencias en ML (capa 850-500) entre PGE13 y ECMWF (t+6 y t+9). Convección sobre P. Ibérica. Día 12 Agosto 2011.

Además, existe la posibilidad de modificar el fichero de configuración de PGE13 para escribir como salidas opcionales los perfiles de temperatura y humedad en varios pasos del algoritmo. En este caso el formato es binario.

Se recomienda la conversión a formato netCDF para la explotación interactiva por el usuario en 2D y 3D con alguna de las herramientas de libre distribución como IDV ó McIDAS-V; existe un programa para este fin disponible bajo petición a [mmartinezr@aemet.es](mailto:mmartinezr@aemet.es).

En la Fig. 6 se muestra un ejemplo creado con McIDAS-V (<http://www.ssec.wisc.edu/mcidas/software/v/>).



**Figura 6.** Uso de McIDAS-V para la comparación interactiva de  $\theta_e$  calculado desde PGE13 y desde ECMWF (12 Agosto 2011 a las 9Z) tras la conversión a netCDF.

### 3. PLANES FUTUROS

A continuación se describen los planes para la evolución del producto de aire claro. Durante la fase CDOP-2 (2012 a 2017), está prevista en primer lugar la extensión de NWC SAF a otros satélites geoestacionarios; en concreto PGE13 se adaptará a GOES-R (lanzamiento en 2015) de la NOAA. El producto equivalente de la NOAA para GOES-R está basado también en el algoritmo del Dr. Jun Li del CIMSS/Wisconsin.

Además, se realizarán estudios para la generación de productos en aire claro con los satélites METEOSAT Tercera Generación (MTG). MTG estará dividido en dos tipos de satélites MTG-I y MTG-S.

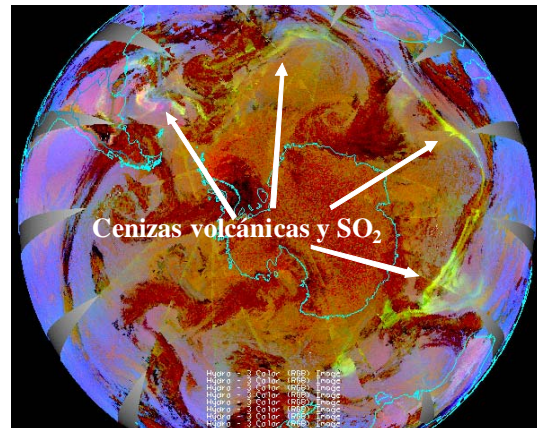
MTG-I estará dedicado a la toma de imágenes y la misión es continuación de MSG. MTG-I tendrá mejor resolución espacial y temporal, (1 a 2 km) en 16 canales visibles e infrarrojos cada 10 minutos. La migración de PGE13 SPhR para MTG-FCI es directa al tener los mismos canales IR; el primer lanzamiento será en 2017.

En el caso de los satélites MTG-S el principal instrumento es un sondeador hiperespectral con 1738 canales en el IR cada 30 minutos con una resolución espacial de 4 km en órbita geoestacionaria; aunque el uso primario de MTG-S es para asimilación en modelos numéricos el desarrollo de productos para “nowcasting” supone un reto importante; el primer lanzamiento está previsto en 2020.

Los espectros de alta resolución permitirán obtener perfiles de humedad y temperatura con una resolución vertical no conseguida hasta ahora desde órbita geoestacionaria. Será posible obtener el movimiento de los flujos de humedad y vientos en diferentes capas. Dentro de NWC SAF hay que investigar como explotar las sinergias entre MTG-FCI y la mejor resolución vertical de los productos de MTG-IRS.

AEMET participa activamente en el grupo MIST (grupo científico asesor para el MTG-IRS). Una de las actividades de AEMET es la investigación en el uso de MTG-S en “nowcasting” usándolo como si fuera un instrumento de imágenes con gran resolución espectral. El primer fruto de esta actividad ha sido la generación

de imágenes RGB usando IASI como sustituto de MTG-IRS y que permite explotar también los píxeles no deseados de instrumentos hiperespectrales.



**Figura 7.** Imagen RGB de polvo usando IASI en la Erupción del volcán chileno Cordón-Paulhe. 9 de Junio de 2011.

### 4. BIBLIOGRAFÍA

LI, J. and HUANG, H.-L., 1999: *Retrieval of atmospheric profiles from satellite sounder measurements by use of the discrepancy principle*. Appl. Optics, Vol. 38, No. 6, 916-923.

LI, J. et al., 2000. *Global soundings of the atmosphere from ATOVS measurements: The algorithm and validation*. J. Appl. Meteorol., Vol 39, pp 1248 – 1268.

MARTINEZ, M.A., LI, J., ROMERO, R., 2010. *NWCSAF/MSG PGE13 Physical Retrieval product version 2010*. Proc. 2010 EUMETSAT Satellite Conference, Córdoba, Spain.

MARTINEZ, M.A., ROMERO, R, LI, J., 2011. *Status of NWCSAF/MSG PGE13 Physical Retrieval product*. Proc. 2011 EUMETSAT Satellite Conference, Oslo, Norway.