

NWCSAF: Productos de aire claro PGE13 SPhR

Miguel Ángel Martínez y Ramiro Romero. AEMET - Madrid

ENTRE los productos disponibles procedentes de datos de satélites geostacionarios se encuentran los productos de aire claro, llamados así debido a que sólo proporcionan información en zonas despejadas de nubosidad. Uno de ellos es el algoritmo de *physical retrieval* (recuperación física) o también llamado PGE13 SPhR (*Seviri Physical Retrieval*), capaz de obtener los perfiles de temperatura y humedad atmosféricos en cada píxel de aire claro. Para ello utiliza datos procedentes de campos de modelos numéricos junto con datos procedentes de los canales infrarrojos y de vapor de agua del instrumento SEVIRI, un radiómetro de 12 canales situado a bordo del Meteosat de segunda generación. El producto, disponible en la dirección web <http://www.nwcsaf.org>, es capaz de proporcionar información cada 15 minutos en cada píxel despejado.

Una vez obtenidos los perfiles de humedad y temperatura, es posible calcular a partir de ellos varios parámetros, tales como el agua precipitable total y en varias capas, además de varios índices de inestabilidad.

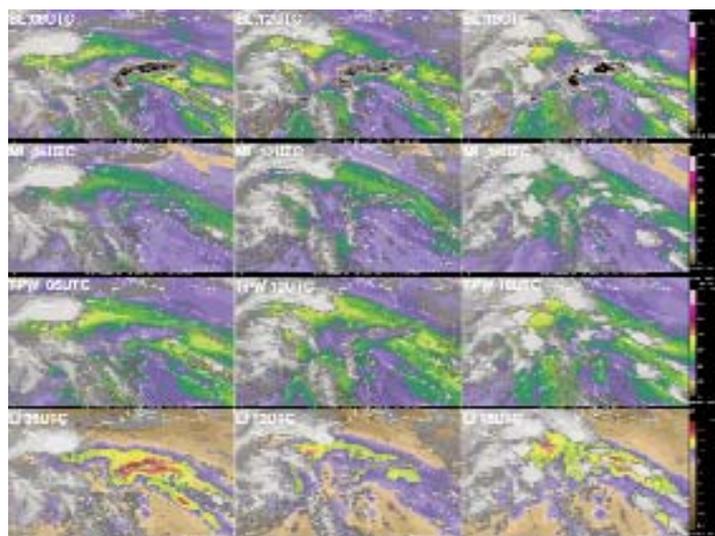
Los parámetros obtenidos relacionados con el agua precipitable son cuatro: el agua precipitable total (TPW, *Total Precipitable Water*), el agua precipitable en la capa baja (BL, *Boundary Layer*), desde superficie a 850 hPa.; el agua precipitable en la capa media (ML, *Medium Layer*), desde 850 hPa. a 500 hPa.; y el agua precipitable en la capa alta (HL, *High Layer*), desde 500 hPa hasta el tope de la atmósfera.

La evaluación de la distribución de humedad es crítica para determinar las posibilidades de convección, tiempo severo y precipitaciones intensas. Las tormentas se desarrollan con bastante frecuencia en lugares donde la humedad es alta o donde algunos procesos pueden hacer que ésta aumente, ya que es uno de los ingredientes necesarios para la convección. Una manera de cuantificar lo anterior es mediante el cálculo del agua precipitable, ya que es una medida de la masa de vapor de agua contenida en una columna vertical de atmósfera de sección unidad y espesor delimitado entre dos niveles de presión y cuyas unidades son kg/m². Casi toda la contribución al agua precipitable total (TPW) proviene de la capa comprendida entre la superficie y el nivel de 500 hPa.

La inestabilidad es otro de los ingredientes que intervienen en la convección. Los índices de inestabilidad térmicos fueron desarrollados para ayudar en la predicción de tormentas y tiempo severo usando como datos de entrada perfiles de temperatura y humedad procedentes de los radiosondeos. El uso de estos índices no se puede

generalizar, y por tanto necesita fundamentarse en experiencias previas de utilización, dependiendo de la región en que nos encontremos así como del régimen meteorológico que prevalezca. Entre muchos de los índices de inestabilidad disponibles, en la versión 2010 del producto han sido escogidos los siguientes: *Liftex Index* (Galway, 1956) y (Miller, 1972), *Showalter Index* (Showalter, 1947) y *K-Index* (George, 1956), todos ellos expresados en Kelvin.

Como salidas adicionales del producto también se proporcionan las diferencias entre los parámetros anteriores y los mismos parámetros calculados solamente con los campos previstos por el modelo numérico, además de unos indicadores de calidad.



Fuerte convección sobre Europa. Caso de estudio del 25 de Mayo de 2009 seleccionado por CWG (*Convection Working Group*) reprocesado a escala 1x1 píxel. De arriba a abajo, secuencia de tres imágenes cada seis horas 6 a 18 UTC del producto PGE13 SPhR con los parámetros BL(agua precipitable capa superficie-850hPa), ML(agua precipitable capa 850hPa-500hPa), TPW(agua precipitable total) y *Lifted Index*(LI).

Al iniciarse la convección, los valores de las cantidades de agua precipitable y los índices de inestabilidad proporcionados por el producto en los píxeles de aire claro que rodean al sistema convectivo pueden ayudar y ser de gran utilidad para los predictores al pronosticar la evolución de la convección. Estos parámetros no pueden decirnos por sí mismos si las tormentas llegarán a producirse, pero proporcionan una idea general de algunos de los ingredientes necesarios para la convección, así como la intensidad del forzamiento convectivo en el caso de que estos sistemas comiencen a desarrollarse. A pesar de que la precipitación se puede producir en una atmósfera debido a otros ingre-

dientes (convección por ascenso, forzamiento dinámico sin forzamiento termodinámico y ascenso isoentrópico), las regiones con valores altos de inestabilidad combinados con valores grandes en la cantidad de agua precipitable en capas altas indican que la troposfera está cerca de la saturación y es inestable. Estos productos también deben ser usados en conjunción con otras fuentes de datos (perfiles termodinámicos procedentes de modelos numéricos, radio sondeos, datos de radar, detectores de descargas eléctricas, etc.) para alertar a los predictores acerca de la ocurrencia de eventos de mesoescala potencialmente severos.

Proceso y descripción del algoritmo

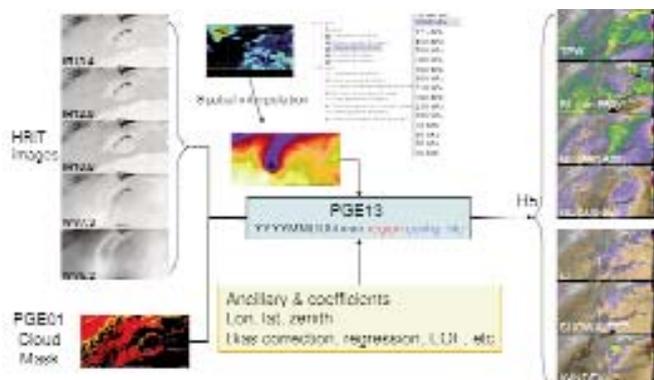
En cielo despejado, la radiación medida por el satélite en cada longitud de onda es la suma de la contribución de la superficie terrestre (que depende de la emisividad y la temperatura) y de la contribución de todos los demás niveles atmosféricos (que depende de las condiciones atmosféricas). Los canales infrarrojos de onda larga tienen propiedades que les hacen sensibles a las condiciones de temperatura y vapor de agua y permiten obtener los parámetros de agua precipitable e índices de inestabilidad.

La solución del problema consiste en obtener con suficiente precisión los perfiles de temperatura y humedad en la atmósfera a partir de unas pocas observaciones de la temperatura de brillo en el infrarrojo. A pesar de que hay muchos canales IR que tienen correlación con la temperatura y humedad de una manera no lineal, hay algunas observaciones de la temperatura de brillo en el infrarrojo que son interdependientes. Pequeñas variaciones en las observaciones de la temperatura de brillo producen cambios en los perfiles obtenidos.

El *physical retrieval* de los perfiles de temperatura y humedad es un proceso de ajuste de una primera estimación de estos perfiles. Es un algoritmo de estimación óptima que usa una técnica de inversión, ya que intenta encontrar el perfil atmosférico de humedad y temperatura que mejor reproduce las observaciones. Para ello se parte de las temperaturas de brillo en el infrarrojo procedentes del SEVIRI junto con las temperaturas de brillo estimadas a partir de un modelo de transferencia radiativa (RTTOV), que utiliza como datos de entrada los campos del modelo numérico. El software está preparado para usar cualquier modelo, aunque en nuestro caso se usa el modelo del ECMWF. Los canales infrarrojos utilizados son los siguientes: WV 6.2 μm , WV 7.3 μm , que presentan una fuerte absorción para la concentración del vapor de agua, los canales IR 10.8 μm e IR 12.0 μm , canales ventana que proporcionan la temperatura y emisividad superficiales e información de humedad en niveles bajos y el canal IR 13.4 μm o canal de absorción del CO_2 .

Con los valores anteriores, en primer lugar se calcula una regresión que nos dará esa primera estimación o *first guess* del perfil de temperatura y humedad que estamos

buscando, usando las temperaturas de brillo de los canales citados del MSG y los perfiles de humedad y temperatura del ECMWF en 15 niveles de presión y $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ de resolución espacial. El algoritmo de *physical retrieval* (SPHR) (Jun li 1999 y 2000, CIMMS-Wisconsin; Martínez y Li, 2008) se encargará de ir corrigiendo y ajustando iterativamente esos

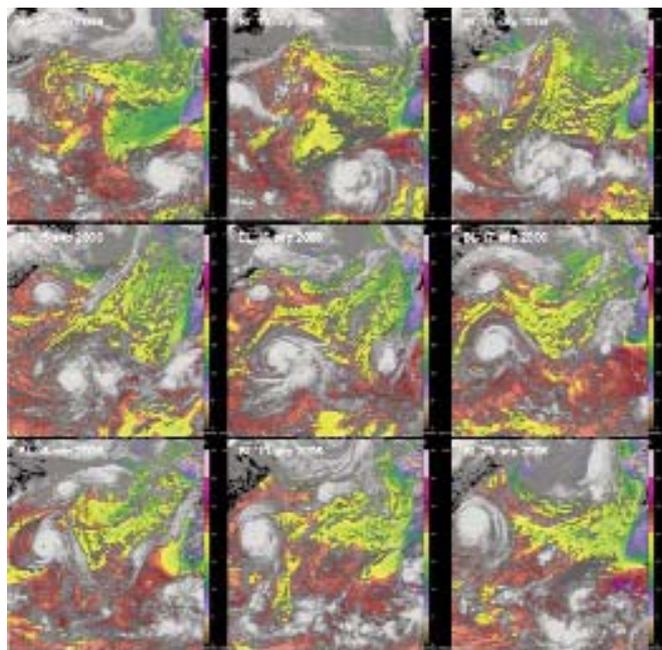


Esquema de entradas y salidas del producto PGE13 SPhR.

perfiles hasta un número máximo de iteraciones que se definan previamente, o mientras que las diferencias entre los valores de las temperaturas de brillo calculadas por el modelo de transferencia radiativa a partir del *first guess* y las procedentes del SEVIRI sean mayores que un determinado umbral.

El algoritmo, aunque básicamente es un algoritmo de estimación óptima, tiene algunas mejoras sobre la aproximación clásica como son:

- Uso de una regresión no lineal para calcular el *first guess* o primera estimación. En lugar de usar directamente como *first guess* los perfiles del modelo numérico, el *first*



Imágenes de agua precipitable en la capa superficie-850 hPa (BL) de los huracanes Gordon y Helen entre el 12 y el 20 de septiembre de 2006

guess es el resultado de una regresión no lineal entre los perfiles procedentes del modelo numérico y las temperaturas de brillo obtenidas a partir del SEVIRI una vez han sido corregidas 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. En este producto se usan tres EOFs para la humedad, dos para la temperatura y una para la temperatura del suelo.

- Uso de un parámetro de regularización o suavizado introducido para asegurar la convergencia y estabilidad de la solución.

Para asegurar que las temperaturas de brillo infrarrojas no están contaminadas por nubes, polvo, hielo o nieve es necesario ejecutar previamente el producto de máscara nubosa (CMA), también incluido en el paquete del SAF de *Nowcasting*. Así se conocerán los píxeles de cielo despejado, que serán donde se podrán calcular los perfiles de temperatura y humedad con el algoritmo de *physical retrieval*.

Visualización de los resultados

Los distintos parámetros obtenidos pueden ser guardados en un archivo binario para su posterior conversión a formato netCDF y así ser visualizados con alguna de las herramientas de libre distribución (IDV, McIDAS-V) que se encuentran en la red. El formato netCDF contiene toda la información necesaria para saber la clase de datos que se encuentran en el fichero, a diferencia de otros formatos que necesitan de otro archivo adicional para su correcta interpretación. Como ejemplo, a continuación se muestran las posibilidades de visualización que ofrecen las herra-



Visualización con IDV de los perfiles de humedad para el caso de estudio del 25 de Mayo de 2009

mientas McIDAS-V e IDV, ambas disponibles en sus respectivas web (<http://www.ssec.wisc.edu/mcidas/software/v/> y <http://www.unidata.ucar.edu/software/idv/>).

Planes futuros

A partir del año 2017 está prevista la puesta en órbita de la tercera generación de satélites Meteosat (MTG), que será la encargada de prestar los servicios de observación meteorológica a los servicios meteorológicos nacionales y a la comunidad científica. Entre los desarrollos previstos para los productos de aire claro se encuentran su adaptación al nuevo instrumento que sustituirá al SEVIRI, el *Flexible Combined Imager*(FCI), que proporcionará imágenes de alta resolución espacial (1 a 2 km) en 16 canales visibles e infrarrojos cada 10 minutos, así como la adaptación al nuevo sondeador infrarrojo (IRS). Este instrumento proporcionará espectros de alta resolución cada 60 minutos con una resolución espacial de 4 km para un total de 1738 canales con sus correspondientes longitudes de onda, que nos permitirán obtener perfiles de humedad y temperatura con una resolución vertical no conseguida hasta ahora. Así será posible obtener el movimiento de los flujos de humedad y vientos en diferentes capas.

También está prevista la extensión del producto a nuevos satélites geoestacionarios que pronto serán lanzados y puestos en órbita, como el GOES-R a cargo de la NOAA y la NASA o la nueva generación de satélites MTSAT de la JMA (*Japan Meteorological Agency*).

Imágenes de agua precipitable en las 3 capas (BL,ML y HL), de agua precipitable total (TPW) y del *Lifftex Index*(LI) de los huracanes *Danielle* y *Earl* entre las 10UTC y las 12UTC del 24 de agosto de 2010

