

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

**E**L 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.

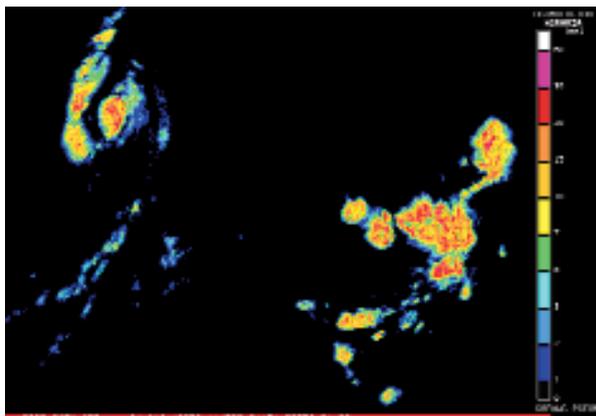
brillo del canal infrarrojo (IR - 10,8  $\mu\text{m}$ ) y de la reflectancia del canal visible (VIS - 0,6  $\mu\text{m}$ ), respectivamente. Además, la diferencia de temperaturas de brillo de los canales del infrarrojo (IR - 10,8  $\mu\text{m}$ ) y del vapor de agua (WV - 6,2  $\mu\text{m}$ ) es un parámetro 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:

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

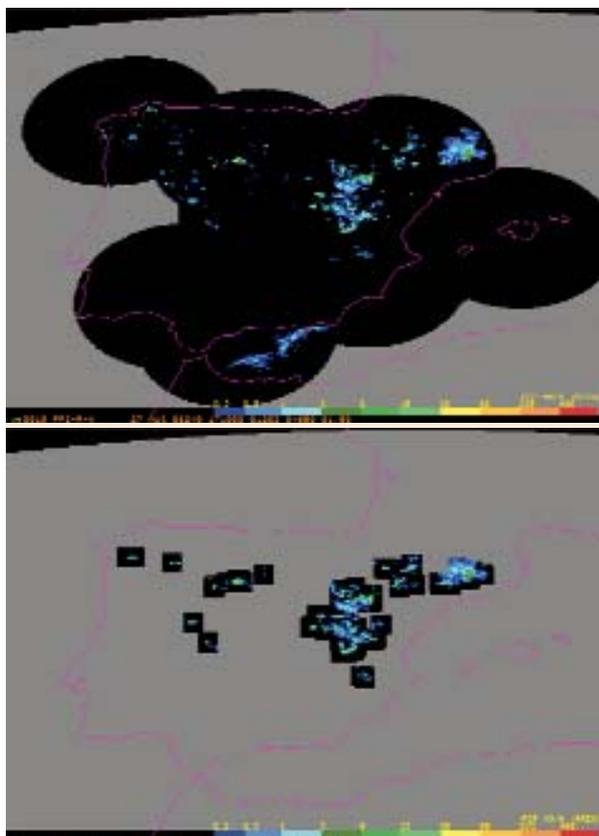
$$R = f(\text{IR}, \text{IR-WV}), \text{ para calibración 2-D}$$

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



**Figuras 2** - Arriba: imagen de la composición nacional del producto PPI (*Plan Position Indicator*) del radar en la proyección del satélite MSG-2. Abajo: área tenida en cuenta en el proceso de calibración del producto CRR.

### Proceso y descripción del algoritmo

El primer paso que sigue el algoritmo para la asignación de intensidades de precipitación convectiva es leer en las matrices de calibración la cantidad de precipitación. Para ello se usan como entrada los valores de temperaturas de brillo y reflectancias de los canales SEVIRI. Una vez obtenida la intensidad de precipitación correspondiente a cada

píxel, se realiza un filtrado para eliminar la lluvia estratiforme no asociada a convección. El valor básico CRR en un píxel se pone a cero si todos los píxeles que lo rodean, contenidos en un grid de tamaño seleccionado, no alcanzan un cierto umbral de intensidad de precipitación. El tamaño del grid y el umbral para el filtrado pueden ser elegidos por el usuario a través de un fichero de configuración.

Para tener en cuenta la variabilidad espacial y temporal de los topes nubosos, la cantidad de humedad disponible para producir lluvia y la influencia de la orografía en la distribución de la precipitación, se pueden aplicar, a elección del usuario, ciertos factores de corrección, como son la corrección de humedad, la corrección de evolución o gradiente, la corrección de paralaje y la orográfica. En la última versión del producto también es posible tener en cuenta la ocurrencia de actividad eléctrica durante las tormentas.

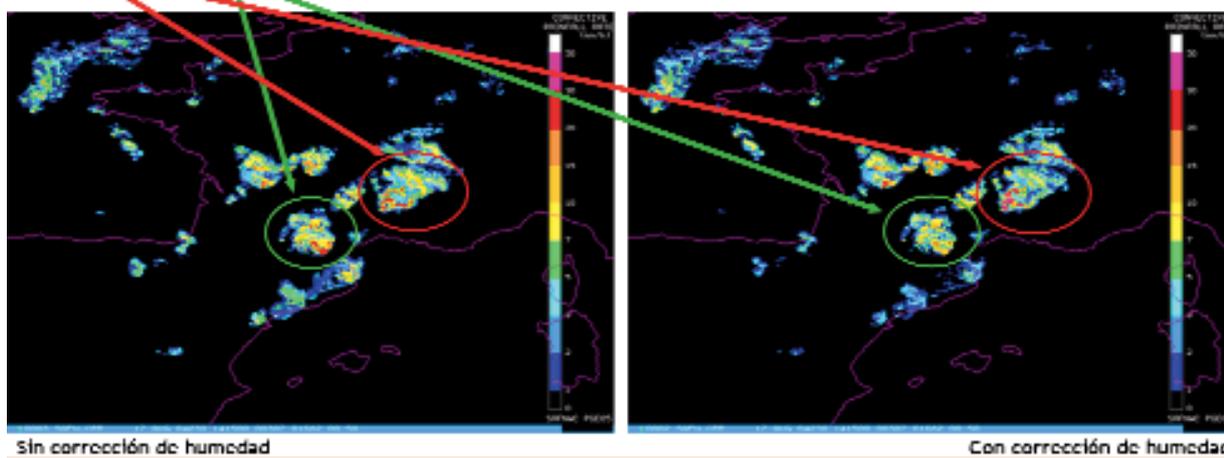
### Corrección de humedad

Cuando las tormentas tienen lugar en ambientes muy húmedos, la intensidad de precipitación calculada debe ser mayor que cuando se presentan en masas de aire secas. Para tener en cuenta este efecto se ha desarrollado un factor de humedad que ajusta las estimaciones cuando el aire está seco o es muy húmedo. Este factor PWRH, se calcula como el producto del agua precipitable, PW, en pulgadas, en la capa comprendida entre la superficie y el nivel de 500 hPa y la humedad relativa media, en tanto por ciento, RH, en la misma capa.

El valor del factor PWRH toma valores entre 0.0 y 2.0, y el ambiente se considera seco si PWRH es significativamente menor que 1.0 y bastante húmedo si PWRH es mayor que 1.0. La intensidad de precipitación se multiplica por este factor cuando el usuario decide aplicar la corrección de humedad. El efecto que produce esta corrección se puede apreciar en la Fig. 3.

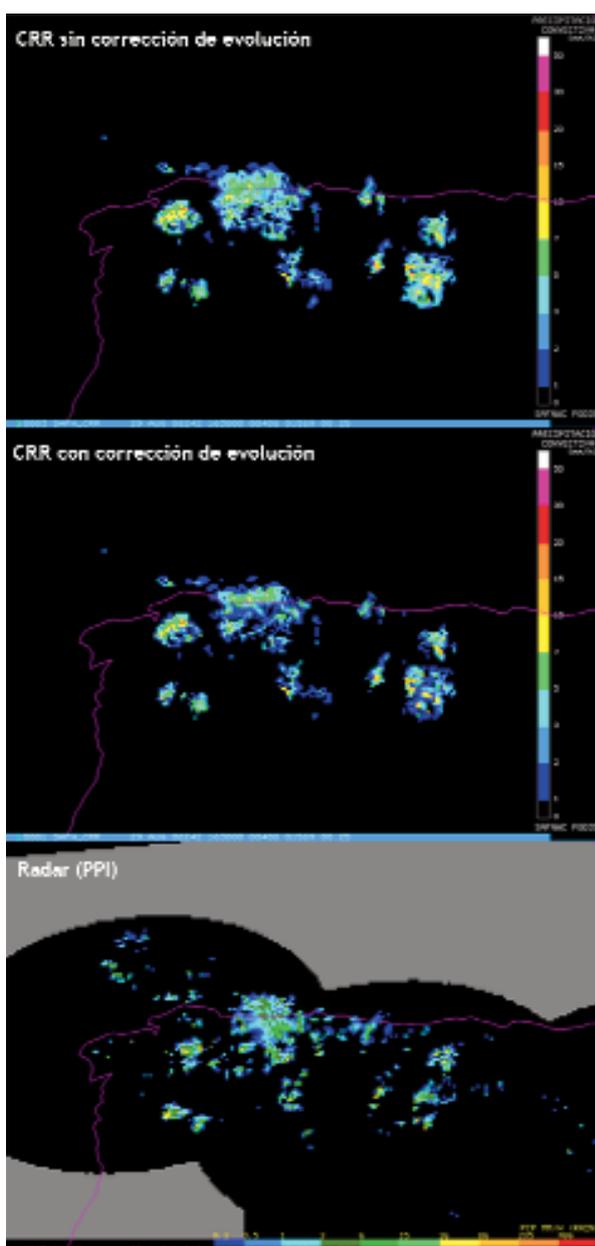
**Figuras 3:** Comparación de imágenes, antes (izq.) y después (dcha.) de aplicar la corrección de humedad a las intensidades de precipitación del producto CRR.

**Aumento y descenso de la intensidad de precipitación debido a la corrección de humedad**



### Corrección de evolución

Esta corrección asume que un sistema convectivo se intensifica si la temperatura de brillo en el canal IR10.8 de SEVIRI disminuye con el tiempo y se debilita si esa temperatura aumenta. Por ello, cuando se aplica la corrección de evolución, se compara el valor que toma dicha temperatura en dos imágenes consecutivas para el mismo píxel. En el caso de que este valor disminuya, se aplica un ajuste al valor de la intensidad de precipitación para tener en cuenta el decaimiento del sistema convectivo. La figura 4 muestra el efecto que produce el aplicar esta corrección sobre el producto.

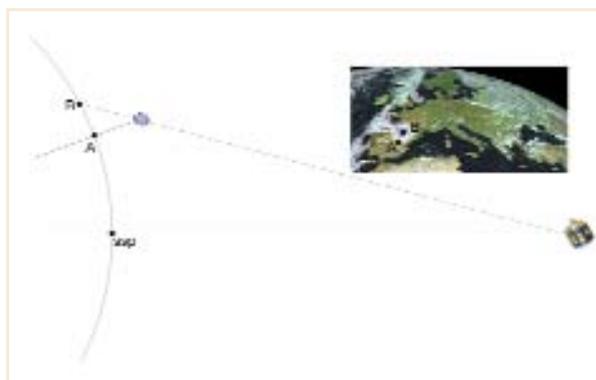


**Figuras 4** - Comparación de una imagen CRR antes y después de aplicar la corrección de evolución y del producto PPI del radar en el mismo instante.

En caso de que no se disponga de dos imágenes consecutivas del canal IR10.8 de SEVIRI, existe una corrección alternativa a la de evolución, denominada corrección del gradiente. En este caso se intenta determinar si el sistema convectivo se está fortaleciendo o se está debilitando a través de la localización de máximos y mínimos locales de temperatura de brillo en una misma imagen IR10.8.

### Corrección de paralaje

Para aplicar una corrección que tenga en cuenta el efecto de la orografía en la evolución de las nubes convectivas, es necesario conocer la posición exacta de dichas nubes. Debido al efecto de paralaje, a partir de ciertas latitudes, los topos nubosos parecen estar más lejos de lo que realmente están desde la posición del satélite. Para corregir este efecto es necesario saber la posición del satélite, la



**Figura 5** - Efecto de paralaje

posición aparente sobre la tierra de la nube y la altura del tope nuboso, que se puede obtener con ayuda de un modelo numérico. Con los datos correspondientes y un algoritmo geométrico se calcula el desplazamiento espacial que hay que aplicar a cada píxel.

### Corrección orográfica

La corrección orográfica se basa en la interacción entre el viento a 850 hPa y la pendiente del terreno en la dirección del viento, creando un factor que aumenta o reduce la intensidad de precipitación estimada

### Algoritmo de rayos

Debido a que la actividad eléctrica puede proporcionar una información muy valiosa en las situaciones convectivas, una vez aplicadas las correcciones a la intensidad de precipitación asignada mediante las matrices de calibra-

ción, se puede aplicar un algoritmo de rayos que proporciona un patrón de precipitación que se combina con el obtenido previamente complementándolo. Por lo tanto, la información sobre la ocurrencia de rayos ha sido incluida como entrada adicional del producto. El algoritmo de rayos solo utiliza descargas nube-tierra.

Para incorporar esta información en el producto, a cada rayo se le asigna una intensidad de precipitación que depende de:

- La distancia temporal entre la ocurrencia del rayo y el momento en que el satélite escanea el centro de la región procesada.
- La localización espacial del rayo.
- La densidad espacial de rayos en un determinado intervalo temporal.

Una vez que el patrón de precipitación a partir de los rayos ha sido calculado, se compara con el patrón CRR

ción trapezoidal incluyendo las intensidades de precipitación correspondientes a la hora anterior al momento del proceso).

### Validación del producto

Para comprobar los resultados obtenidos por el producto se han realizado diversas validaciones. En primer lugar, con el fin de comprobar el valor añadido del algoritmo de rayos incluido en el producto, se ha realizado una validación visual y otra objetiva contra radares en España. La validación objetiva no muestra grandes cambios en los estadísticos calculados, sin embargo, la validación visual muestra una mejora del producto en aquellos casos ocurridos durante la noche donde la ocurrencia de rayos fue significativa.

Por otra parte, se ha realizado una validación en Hungría con el objetivo de comprobar la validez del producto fuera del área de calibración. Los resultados de dicha validación se muestran similares a los obtenidos sobre España y siempre dentro de los objetivos requeridos por el proyecto.

### Planes futuros

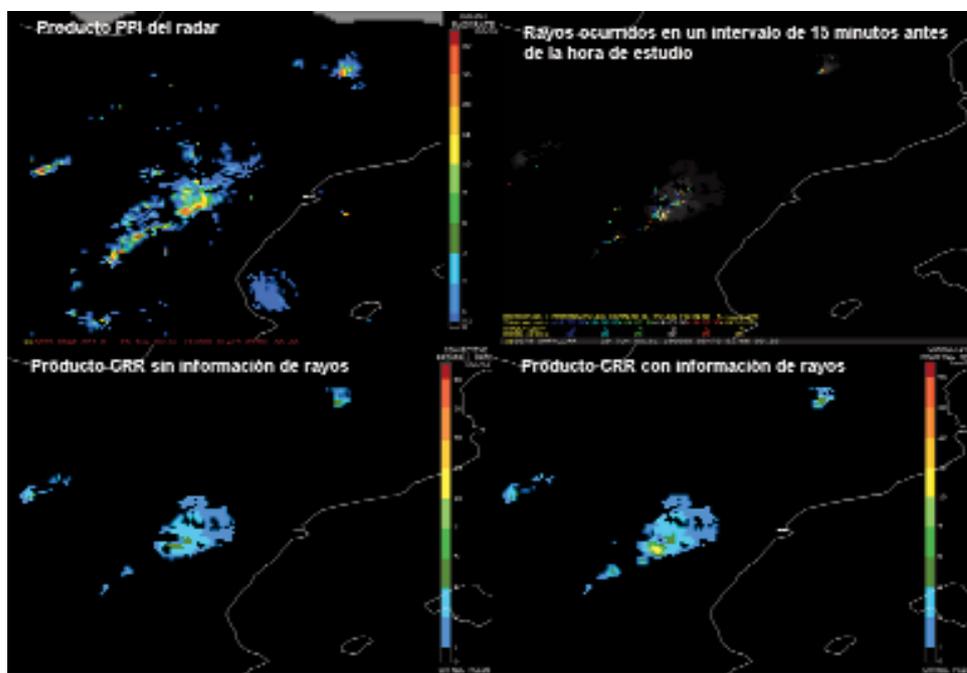
Aunque se trata de un producto útil sobre todo en eventos con convección severa, CRR muestra algunas debilidades como por ejemplo, su alta dependencia con los canales IR de SEVIRI. Esta dependencia hace que su comportamiento en casos donde los toques nubosos no son muy altos o en el caso de "cold rings", no sea satisfactorio.

Con el fin de mejorar estos aspectos del producto, se planea cambiar el algoritmo actual por

uno que haga uso directo de las propiedades microfísicas de los toques nubosos durante el día. Ya que durante la noche dichos parámetros no están disponibles, se está estudiando la posibilidad de generar un algoritmo que use diferencias de canales SEVIRI para la noche.

Otro de los planes futuros es la adaptación del producto a otros satélites geoestacionarios, como el futuro satélite americano GOES-R o la nueva generación de satélites japonesa MTSAT.

Por último, y como el resto de productos del NWCSAF, CRR será adaptado para trabajar con el instrumento de imágenes de MTG así como para usar los datos del detector de rayos que viajará a bordo de dicho satélite.



**Figuras 6** - Comparación del producto CRR con y sin rayos con los rayos tenidos en cuenta por el producto y la imagen radar en un evento ocurrido durante la noche

para obtener el producto final, que contendrá la mayor intensidad de precipitación de las obtenidas por ambos métodos.

Este algoritmo de rayos es especialmente útil por la noche, ya que en esos momentos, debido a la ausencia de canal visible, el producto ofrece peores resultados. Un ejemplo de ello se puede ver en la Fig. 6.

Al final del proceso los valores resultantes de las intensidades de precipitación CRR en mm/h se utilizarán para obtener dos salidas diferentes del producto: Clases CRR (las intensidades en mm/h se dividen en 11 clases como se representa en los ejemplos mostrados) y Acumulaciones horarias CRR en mm (calculadas a partir de una integra-