

# **HARMONIE-AROME, modelo operativo de escala convectiva de AEMET. Parte I: Modelo de predicción y validación.**

Gema Morales, Javier Calvo, Daniel Martín  
Samuel Viana

*Área de Modelización.  
Agencia Estatal de Meteorología*

- Introducción al modelo HARMONIE-AROME.
- Descripción general del modelo.
- Integración operativa en AEMET.
- Verificación objetiva
- Productos
- Conclusiones.

# Introducción: Modelo AROME (origen)

Laboratoire d'Aérodologie  
CNRM-GAME

Parametrizaciones. físicas



Dinámica No-Hidrostática



Modelo AROME



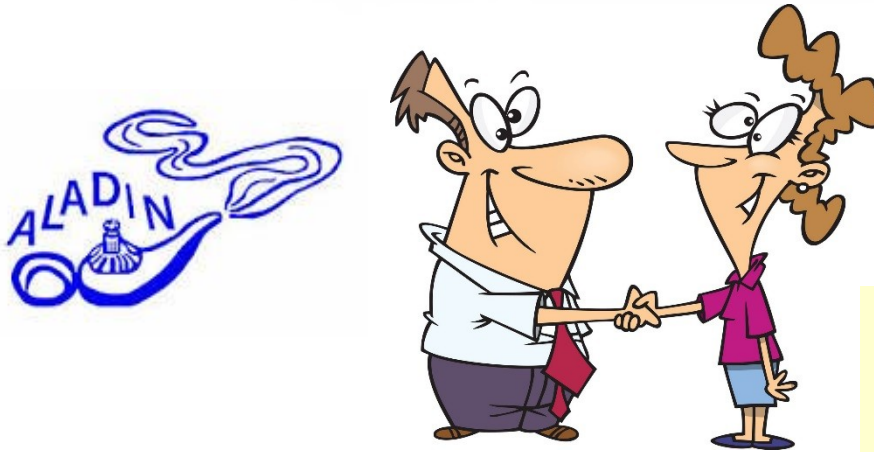
Seity et al., 2011

Originalmente desarrollado por *Météo-France* adaptando la física del modelo de investigación *Meso-NH* al sistema *ALADIN*.

Gran parte del código es compartido con los modelos *ECMWF* y *ARPEGE*.

# Introducción: HARMONIE-AROME

En 1996 los consorcios HIRLAM y ALADIN establecen un acuerdo de colaboración para el desarrollo de modelos operativos con la idea de converger completamente en 2020



HARMONIE-AROME es una configuración dentro del sistema compartido ALADIN-HIRLAM (Bengtsson *et al.*, 2017)

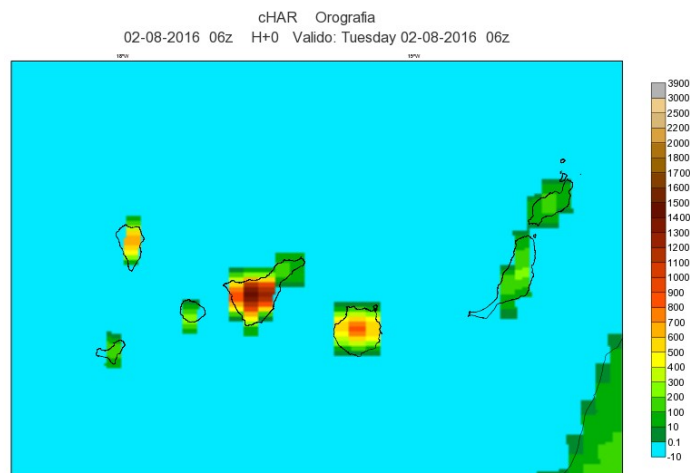
*Unos 26 servicios meteorológicos*



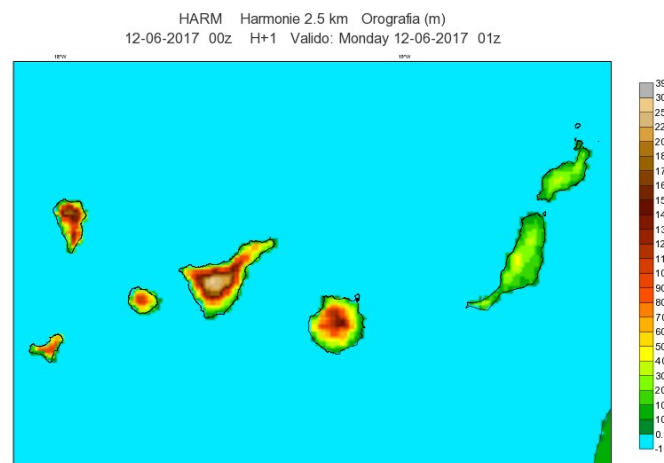


## Introducción: **Características destacadas.**

- Se trata de un modelo **No-Hidrostático** ( $w$  variable de pronóstico)
- Resolución: **2.5 km, 65 niveles.**
- **Dinámica espectral** muy eficiente, adecuada para usos operativos.
- Asimilación de datos: **En superficie (OI) y altura (3D-VAR).**
- **Convección profunda resuelta**... pero a escalas convectivas hay menos predecibilidad que a escalas sinópticas por lo que se requerirán aproximaciones de tipo *ensemble*.



ECMWF T1279 ~16 km



HARMONIE-AROME 2.5 km

**DINÁMICA:** Dinámica espectral del IFS/ARPEGE + núcleo no hidrostático del ALADIN (*two-time level semi-implicit semi-lagrangian discretisation*)

**FÍSICA UPPER AIR:** la del MESO-NH adaptada a la dinámica del ALADIN.

- *Convección profunda* resuelta por el modelo
- *Convección somera:* Esquemas unificados convección-turbulencia (EDMFM)
- *Microfísica:* ICE3 package
- *Turbulencia:* Cuxart-Bougeault TKE scheme
- *Radiación:* ECMWF scheme

**FÍSICA SUPERFICIE:** SURFEX: 4 teselas (urban, sea, lakes, nature)

**INICIALIZACIÓN y BC's** (horarias): IFS (ECMWF)

# Características: Parametrizaciones físicas. Nubosidad y precipitación

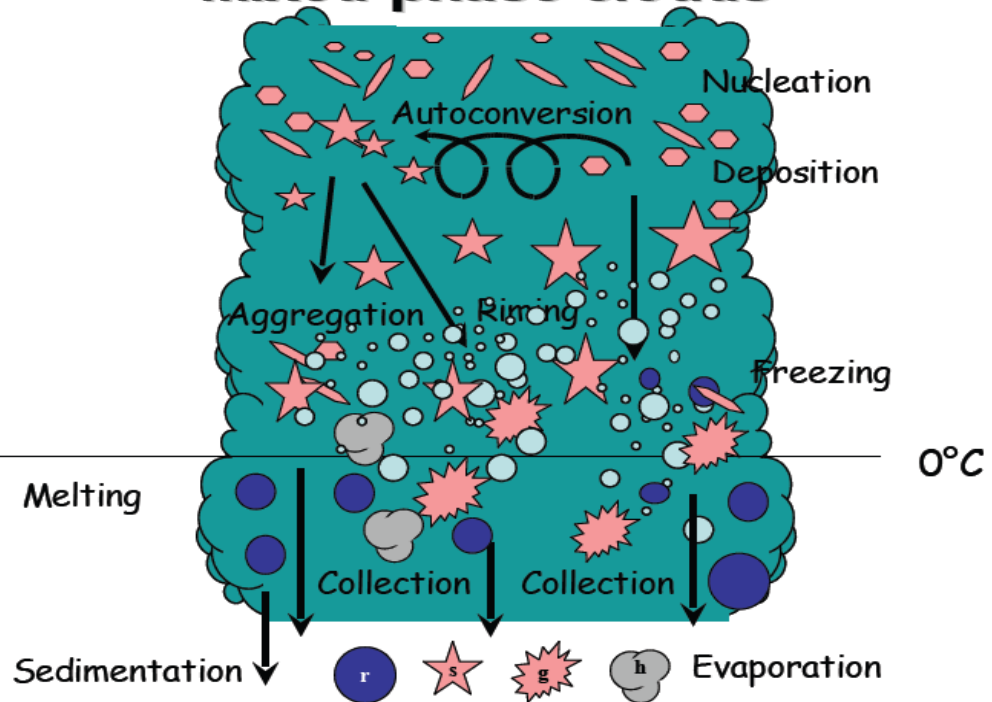
Esquema de Microfísica ICE3: Microfísica sofisticada (Pinty, 98 y Lascaux, 2006) (*One moment bulk-scheme*)

Variables de pronóstico:

- Agua líquida nube
- Cristales/Hielo
- Lluvia
- Nieve
- *Graupel* (Nieve granulada)  $0^{\circ}\text{C}$

Los hidrometeoros son advectados mediante el esquema semi-lagrangiano

## Mixed-phase clouds



*Pinty et al, 2005*

Las nuevas variables de predicción van a permitir nuevos postprocesos como

- Estimación de descargas eléctricas
- Simulación de imágenes rádar

# Características: Parametrizaciones físicas. Turbulencia y convección somera

- Se utiliza un esquema de Energía Cinética Turbulenta (*TKE*) (Cuxart, 2000) y la convección ‘seca’ se trata de forma unificada con el esquema de flujo de masa.

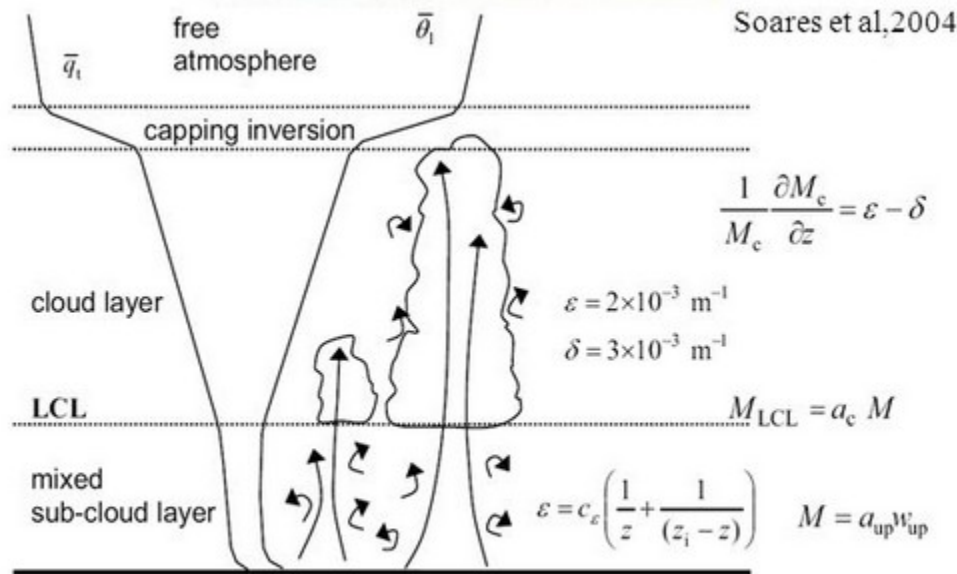


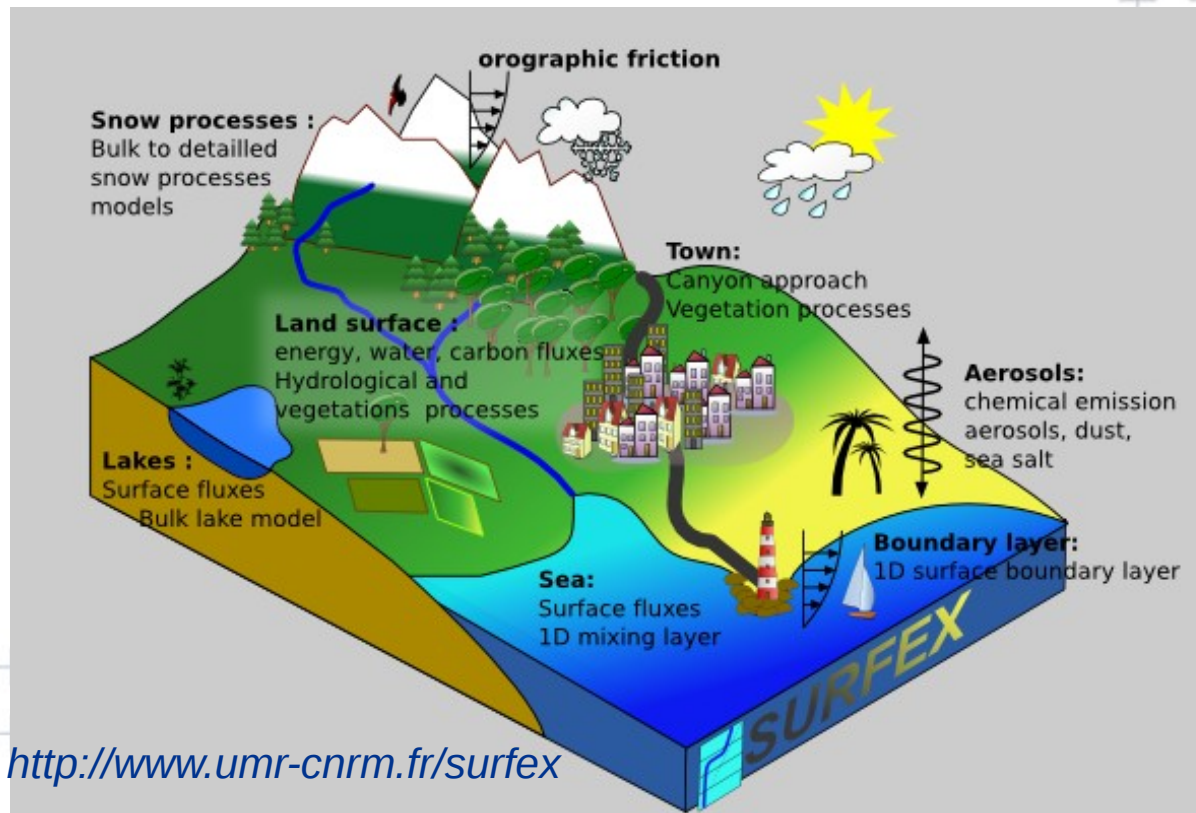
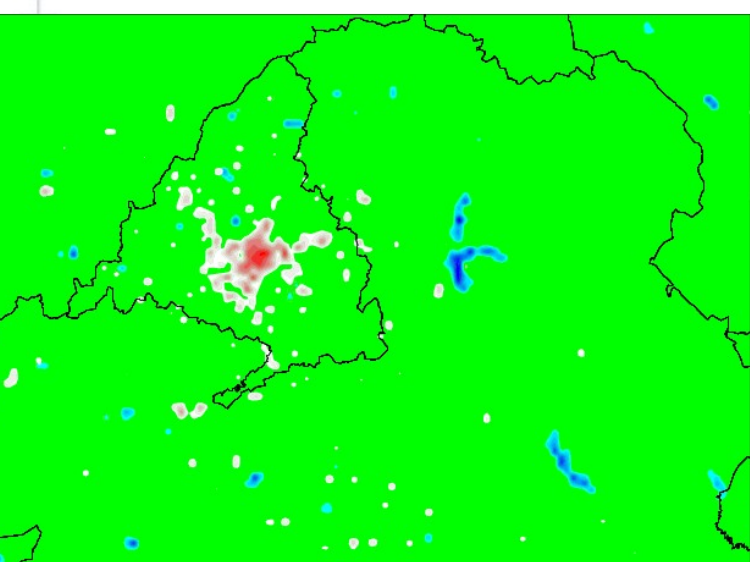
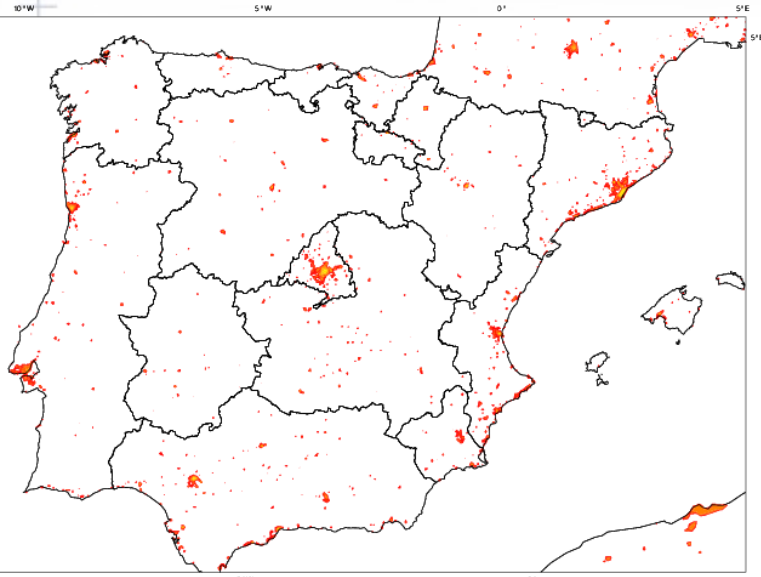
Figure 1. Schematic view of a shallow cumulus convective boundary layer and mass-flux formulation of the EDMF scheme.

**Convección profunda: No se parametriza**, de forma que estas nubes son representadas por la dinámica y la microfísica del modelo. GRAN DIFERENCIA RESPECTO A LOS MODELOS SINÓPTICOS QUE PARAMETRIZAN LA CONVECCIÓN PROFUNDA



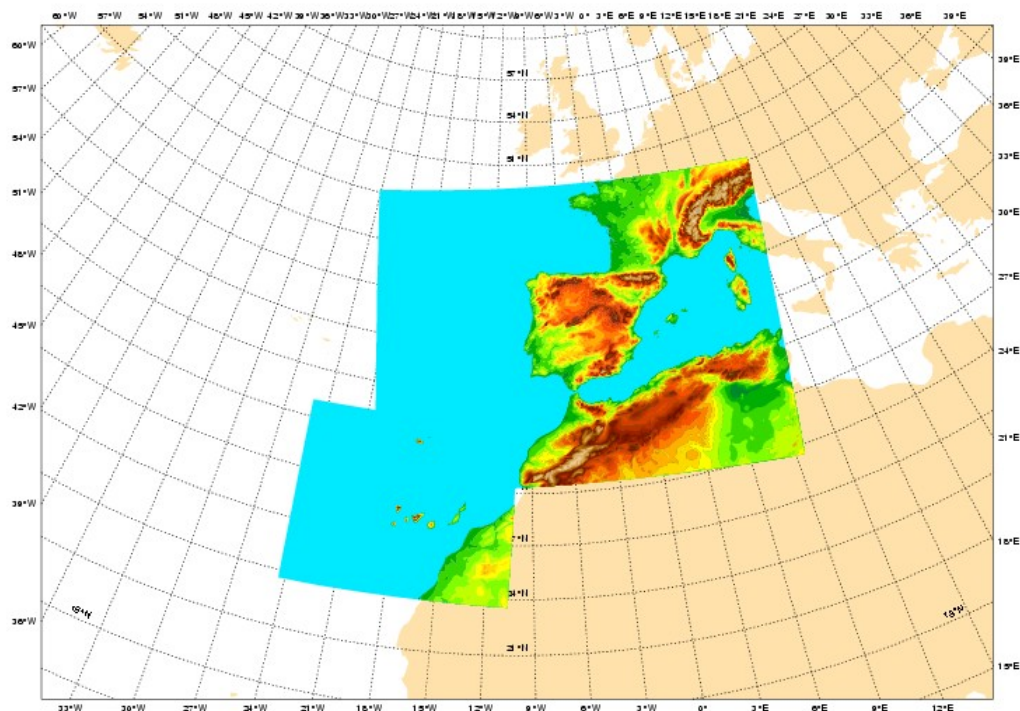
# Características: Procesos Superficiales: SURFEX

- Considera 4 teselas: suelos ‘naturales’, urbanos, lagos y océanos
  - » 12 tipos de vegetación.
  - » Incluye un modelo de suelo urbano (TEB)
  - » También un modelo para la evolución del manto nivoso



# Integración operativa gracias al nuevo sistema de super-computación AEMET

- La integración operativa de HARMONIE-AROME requiere unas **12 veces más de potencia de cálculo** que el sistema HIRLAM



Disponibile: + 2:40 *Peninsula*, + 2:10 *Canarias* a partir de la hora del análisis.

- **8 pasadas al día**
- Horas sinópticas principales: H+48 con salidas cada **15 min** para variables de superficie.

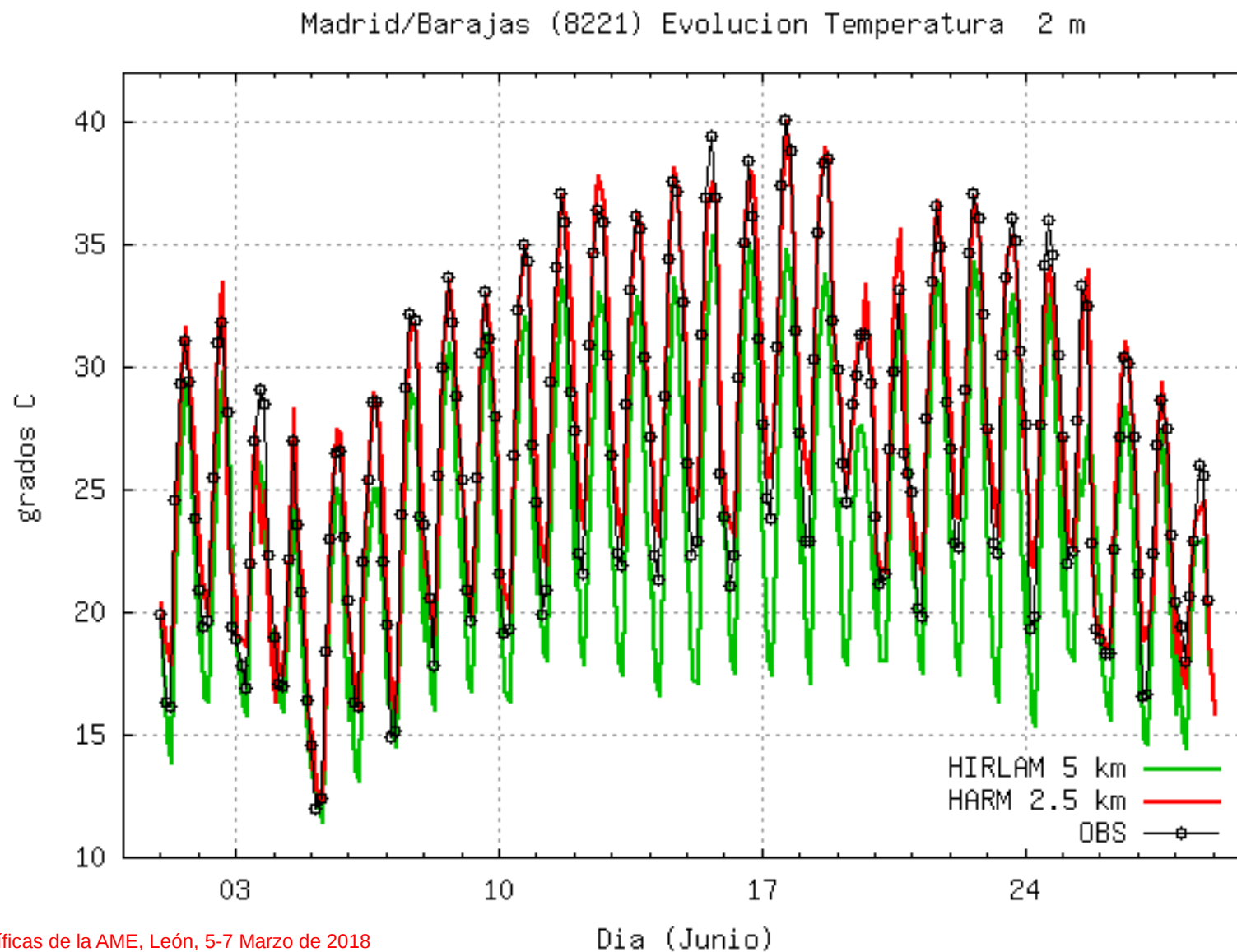


nimbus

Bullx

computer

# Verificación: Predicción de las temperaturas de Junio 2017

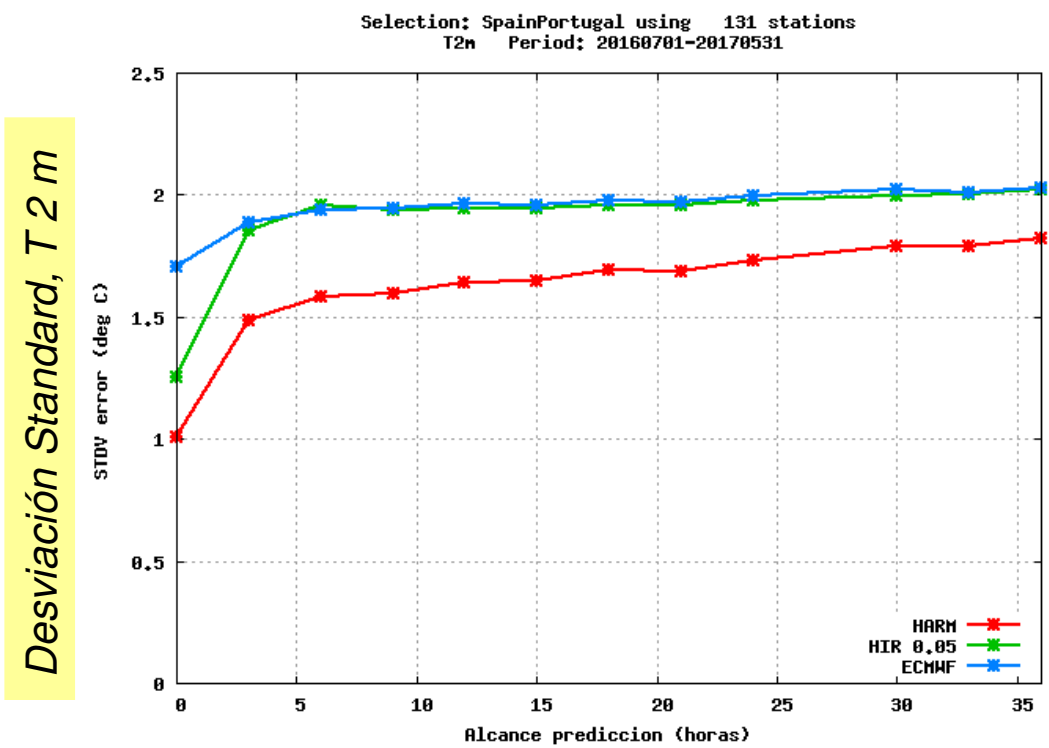




# Verificación: Temperatura a 2 m: Disminución significativa de los errores

Verificación objetiva comparando con los datos observados

Julio 2016-Mayo 2017 (11 meses)



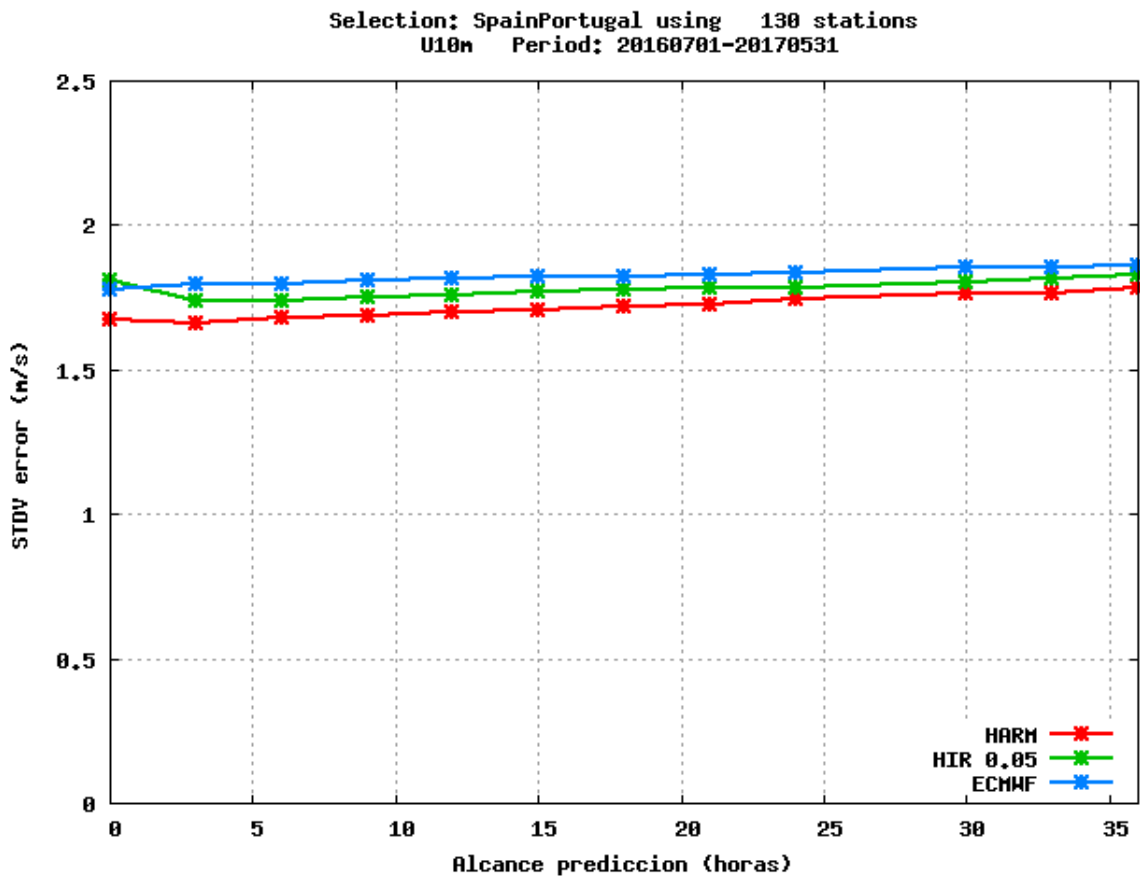
HARM-AROME, HIRLAM 0.05, ECMWF

# Verificación: Viento 10 m: Disminución de los errores

Verificación objetiva comparando con los datos observados

Julio 2016-Mayo 2017 (11 meses)

Desviación Standard, T 2 m

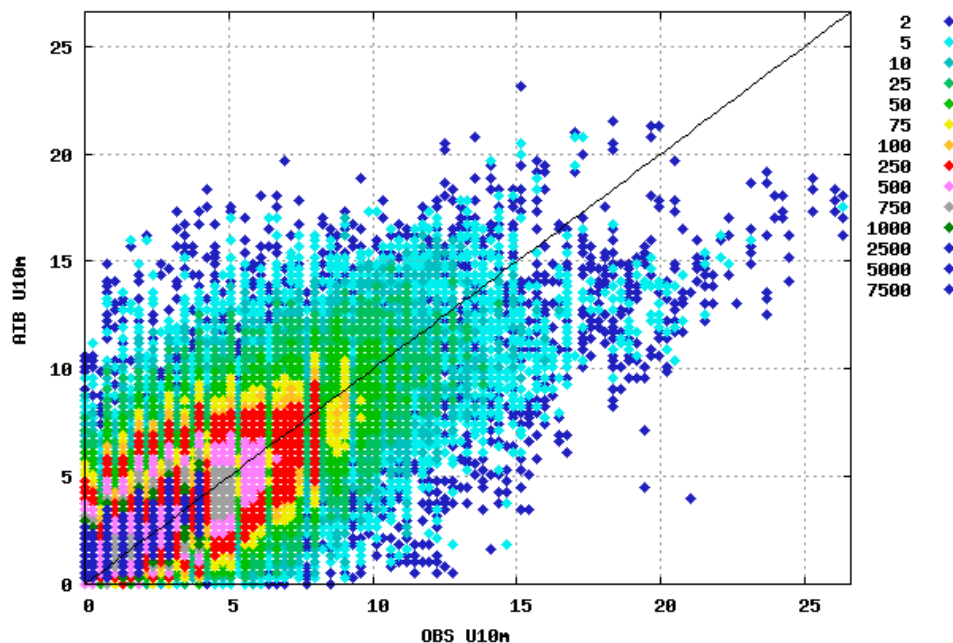


HARM-AROME, HIRLAM 0.05, ECMWF



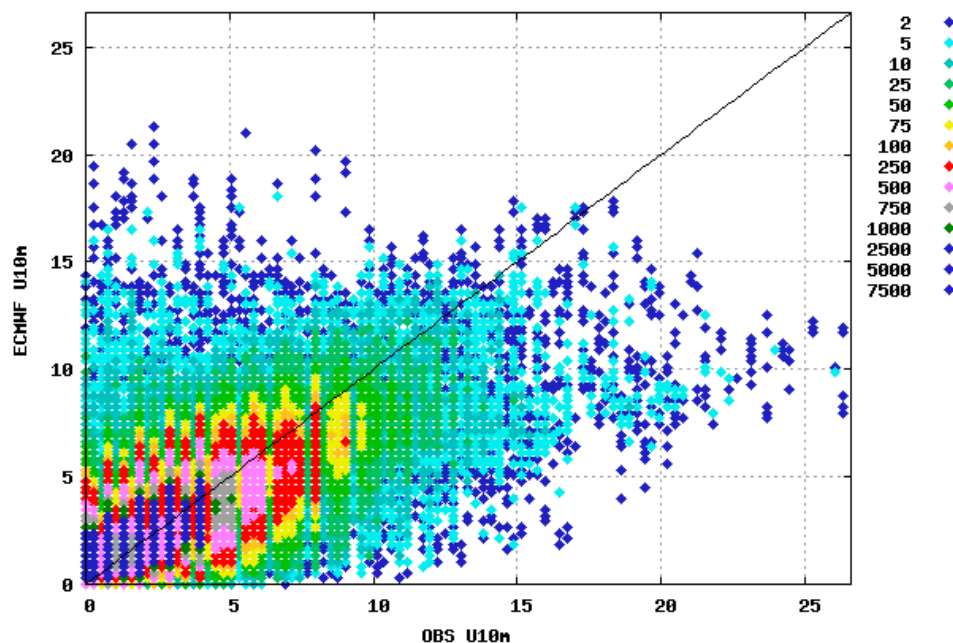
## HARMONIE

Scatterplot for 130 stations Selection: SpainPortugal  
U10m [m/s]  
Period: 20160701-20170531  
Used {00,06,12,18} + 06 18 30



## ECMWF

Scatterplot for 130 stations Selection: SpainPortugal  
U10m [m/s]  
Period: 20160701-20170531  
Used {00,06,12,18} + 06 18 30

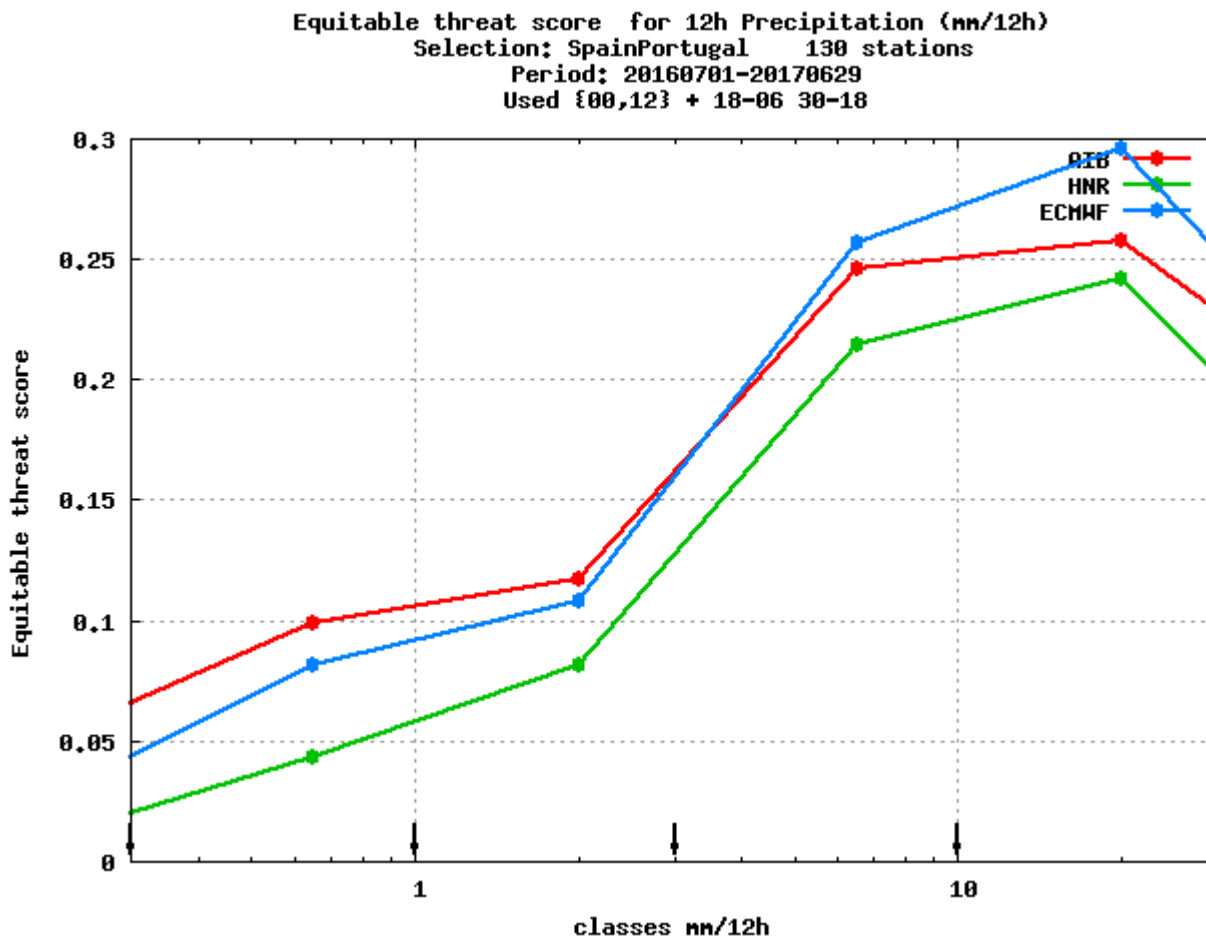


Los puntos deberían de estar centrados alrededor de la diagonal  
Cuanto mejor sea la dispersión mejor

*Clara mejora de las predicciones de vientos fuertes*

# Verificación: Precipitación: Verificación frente a observaciones

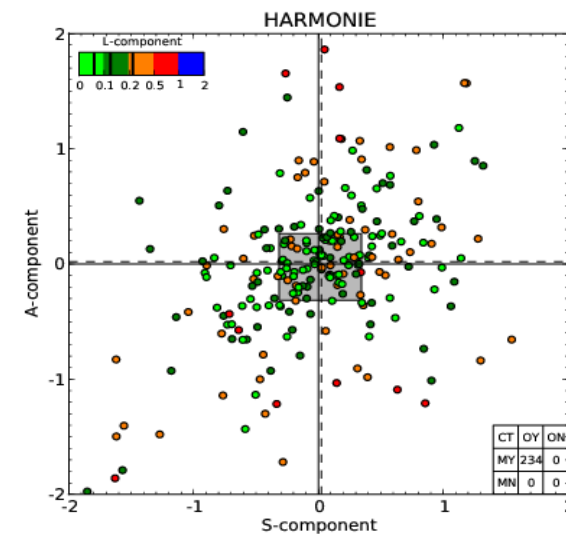
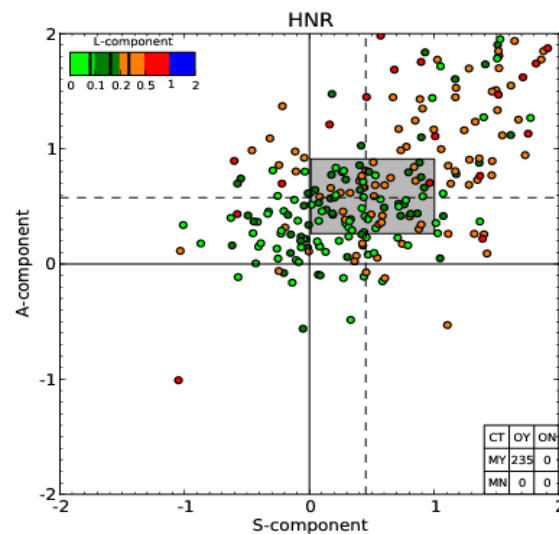
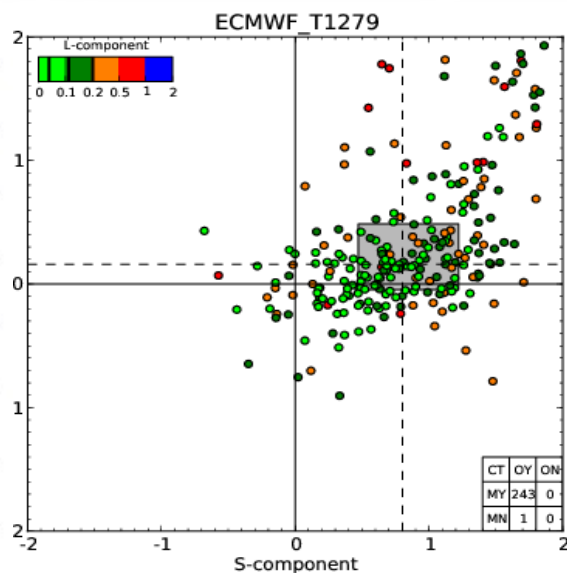
*Este tipo de verificación puntual penaliza a los modelos de mayor resolución y es conveniente utilizar verificación espacial*



+  
→ Mejora →  
-

*HARM-AROME, HIRLAM 0.05, ECMWF*

## Verificación frente a observaciones: Precipitación



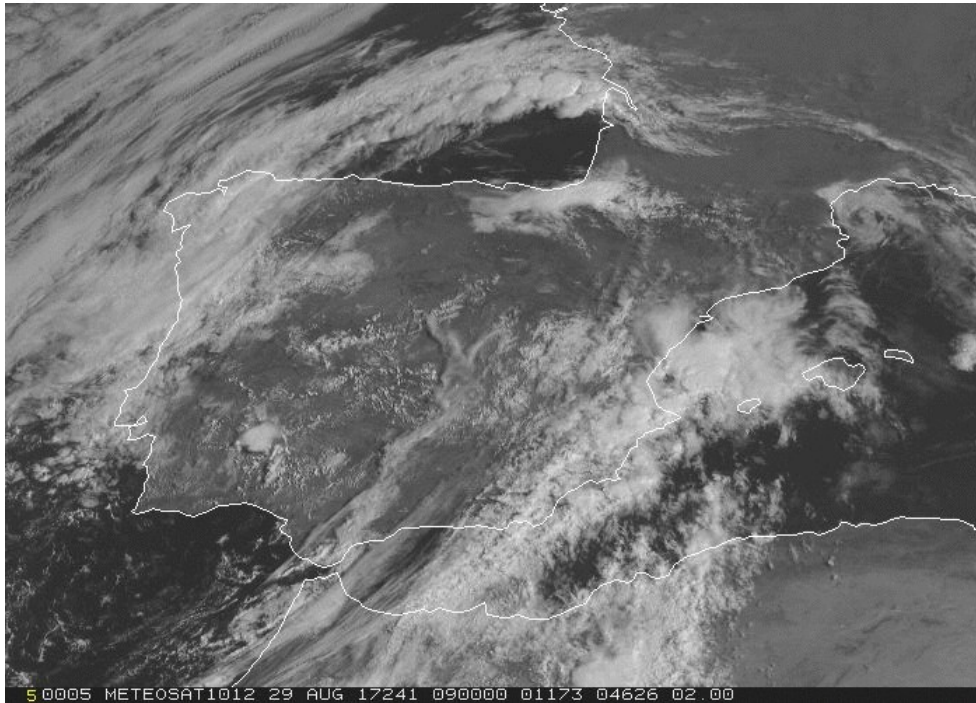
**S**(structure)**A**(amplitud)**L**(location): Compara estructuras en un dominio

**S=A=L=0** Lo mejor

**Harmonie mejora respecto a otros modelos de menor resolución**

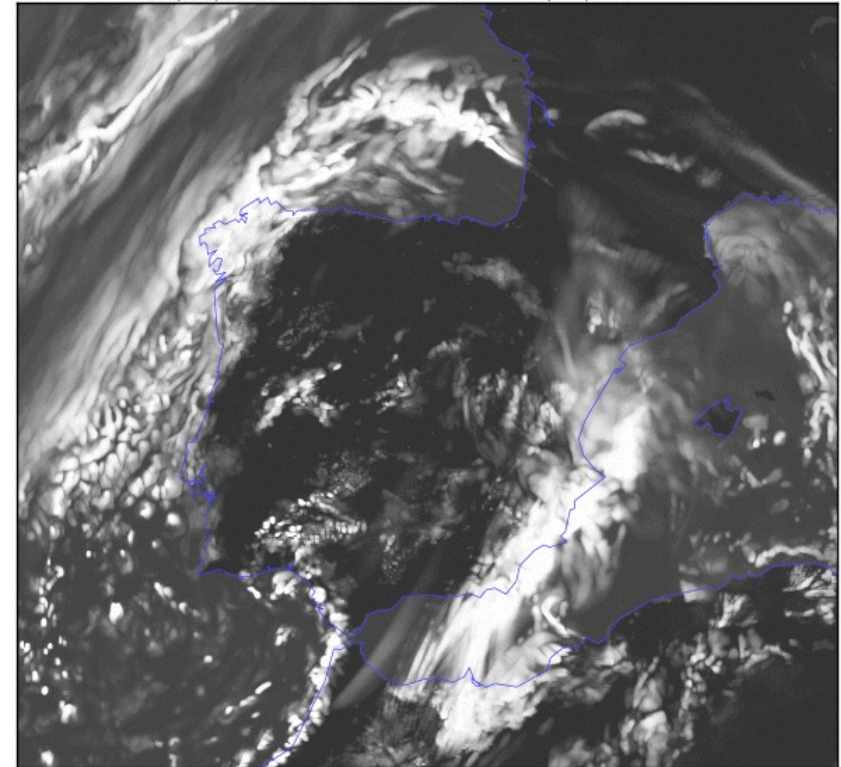
# Productos: Pseudoimágenes de satélite (Convección)

*Imagen visible Satelite  
METEOSAT*



*Imagen visible simulada*

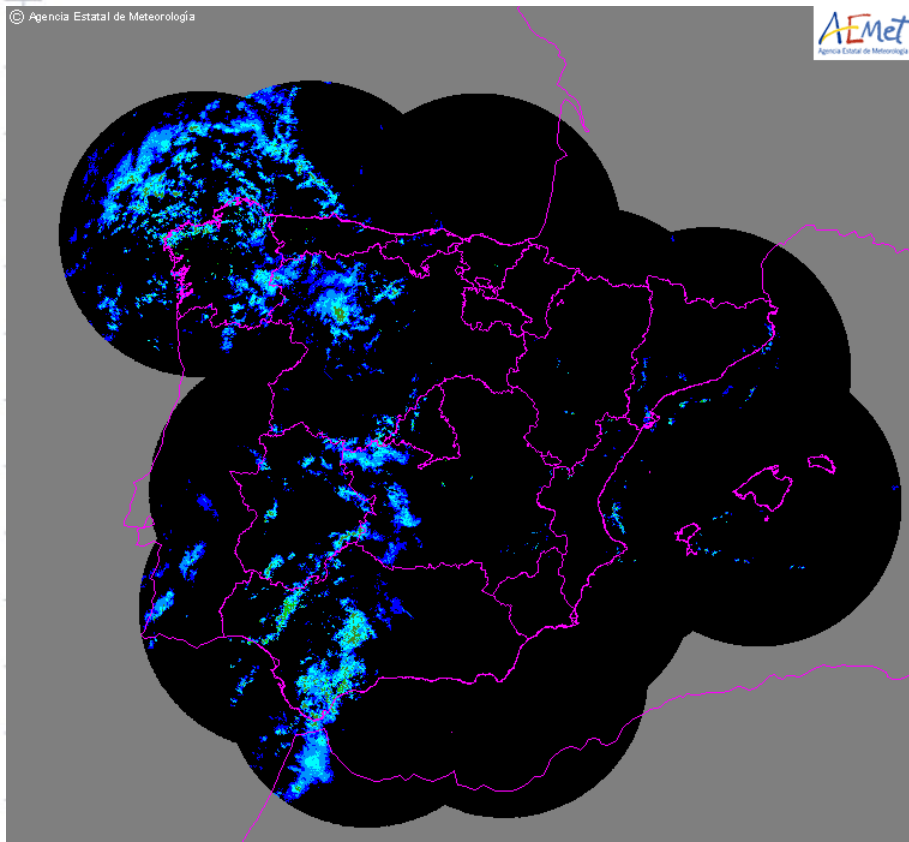
AIB\_tg1 Pseudo Imagen VIS  
29/08/2017 00Z H+09 Valid: 29/08/2017 09Z





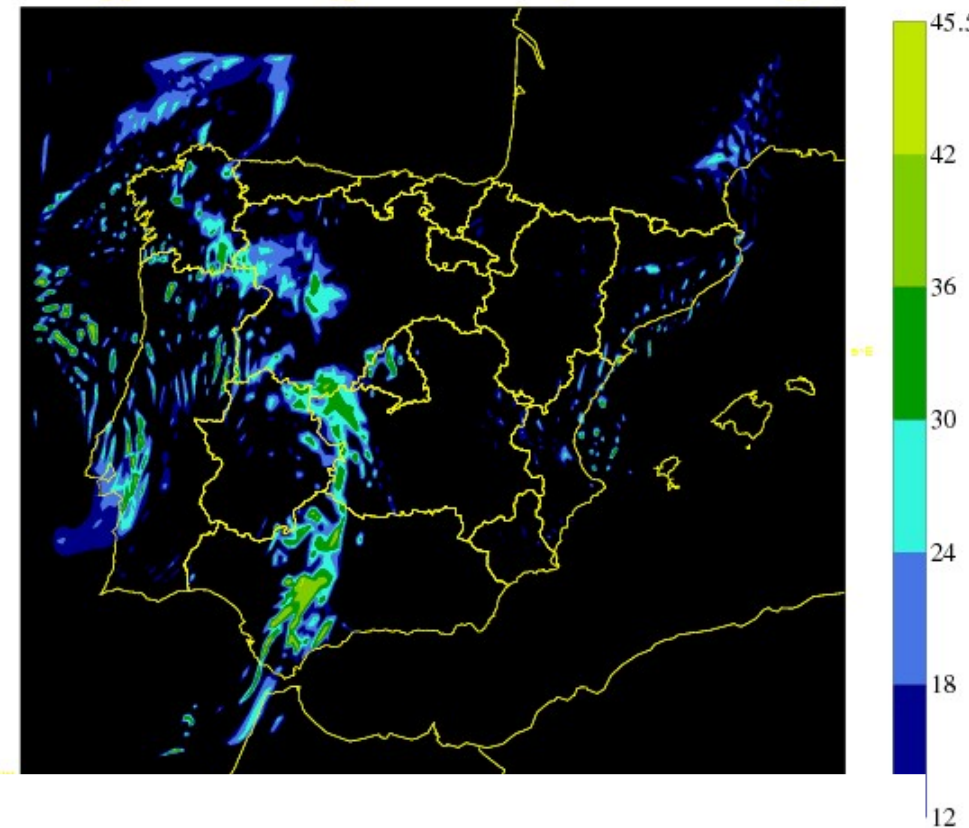
# Productos: Simulación de la reflectividad radar (Precipitación)

## Radar



## HARMONIE-AROME

HARM Reflectividad 300m (dBZ)  
17/11/2012 00z HARM H+ 03 Valid: 17/11/2012 03z

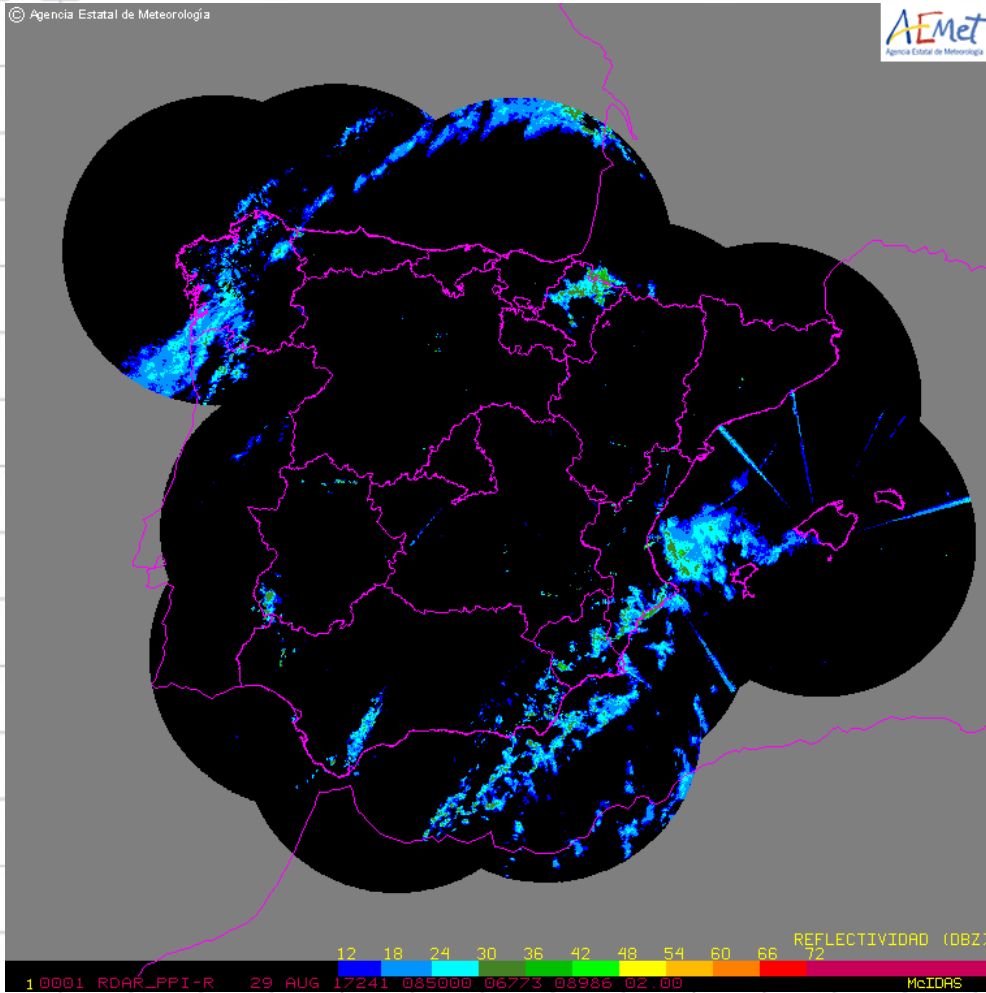


Patrones de precipitación bastante realistas aunque con errores espaciales y temporales que **sugieren una interpretación probabilística de las salidas del modelo**



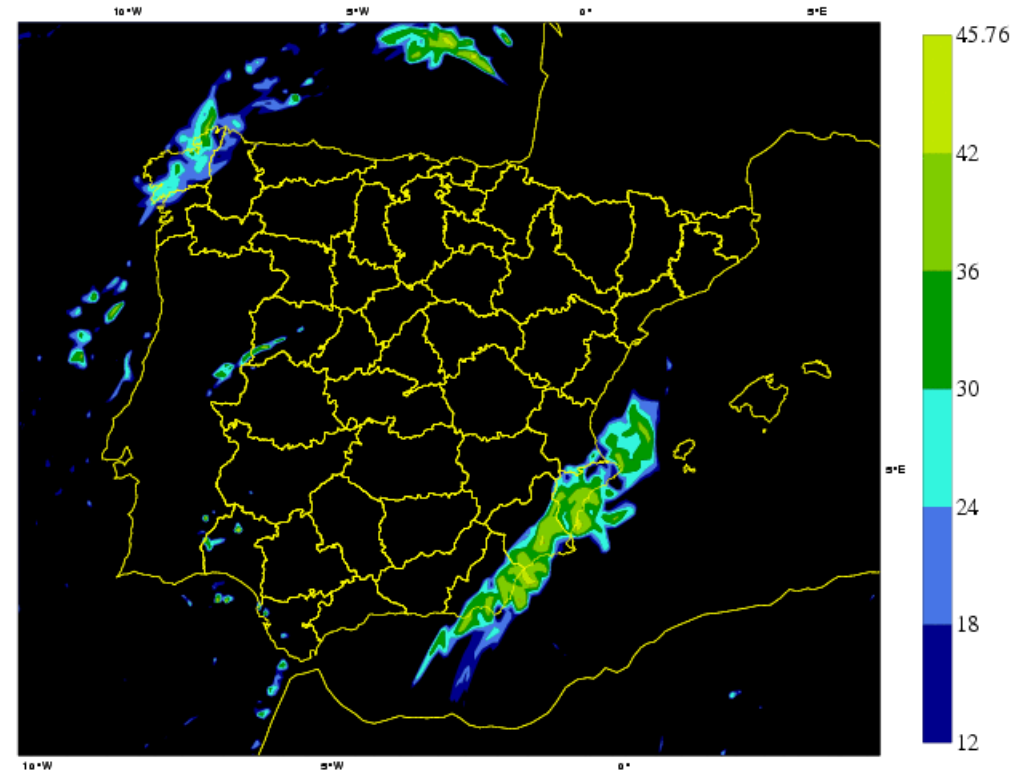
# Simulación de la convección

## Simulated reflectivity



## Radar

AIB\_ Reflectividad 1000m (dBZ)  
29/08/2017 00z H+ 02 Valid: 29/08/2017 02z

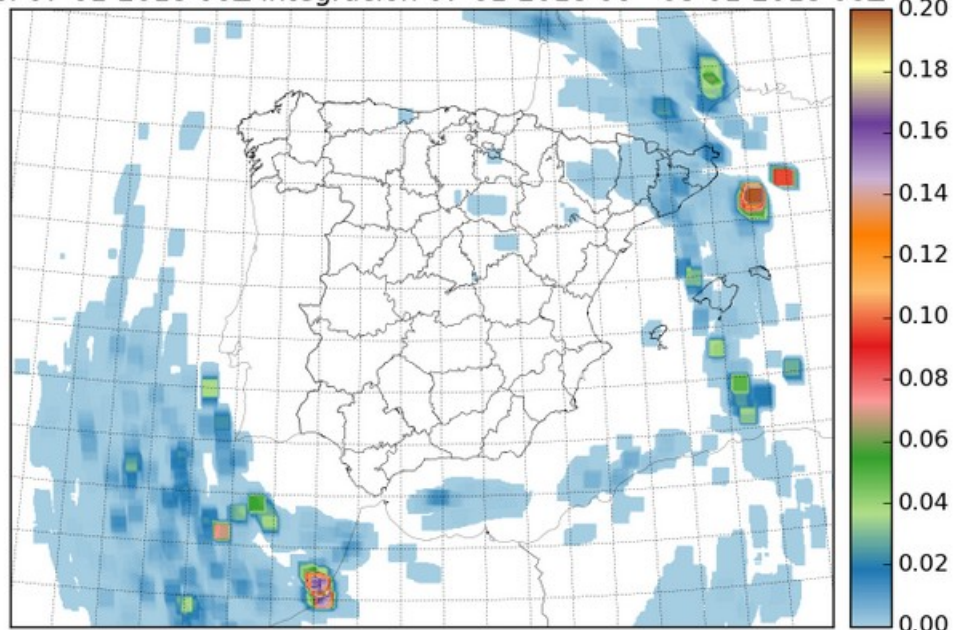


# Productos: Estimación de descargas eléctricas.

- Esta basado en la integración de graupel en la vertical siguiendo la aproximación del KNMI y adaptada a la red de detección de rayos de AEMET. Su eficiencia depende mucho de la representación de la convección.
- Se ha desarrollado una herramienta para la ayuda en la emisión de avisos de aeródromo basada en el consenso entre pasadas (*poor man's ensemble*).

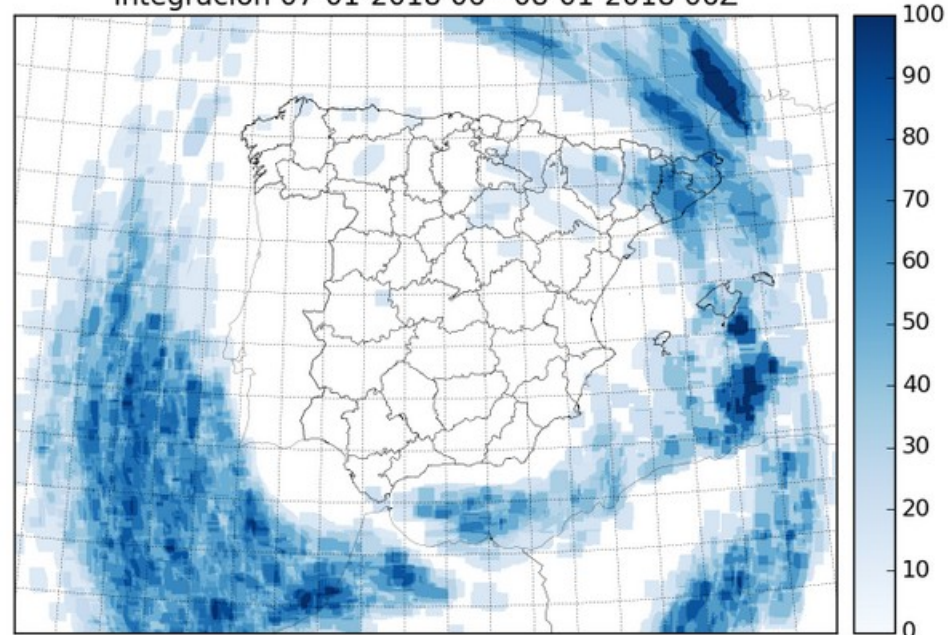
HARMONIE: Rayos estimados (rayos/km<sup>2</sup> ).

Pas: 07-01-2018 06Z Integracion 07-01-2018 06 - 08-01-2018 06Z



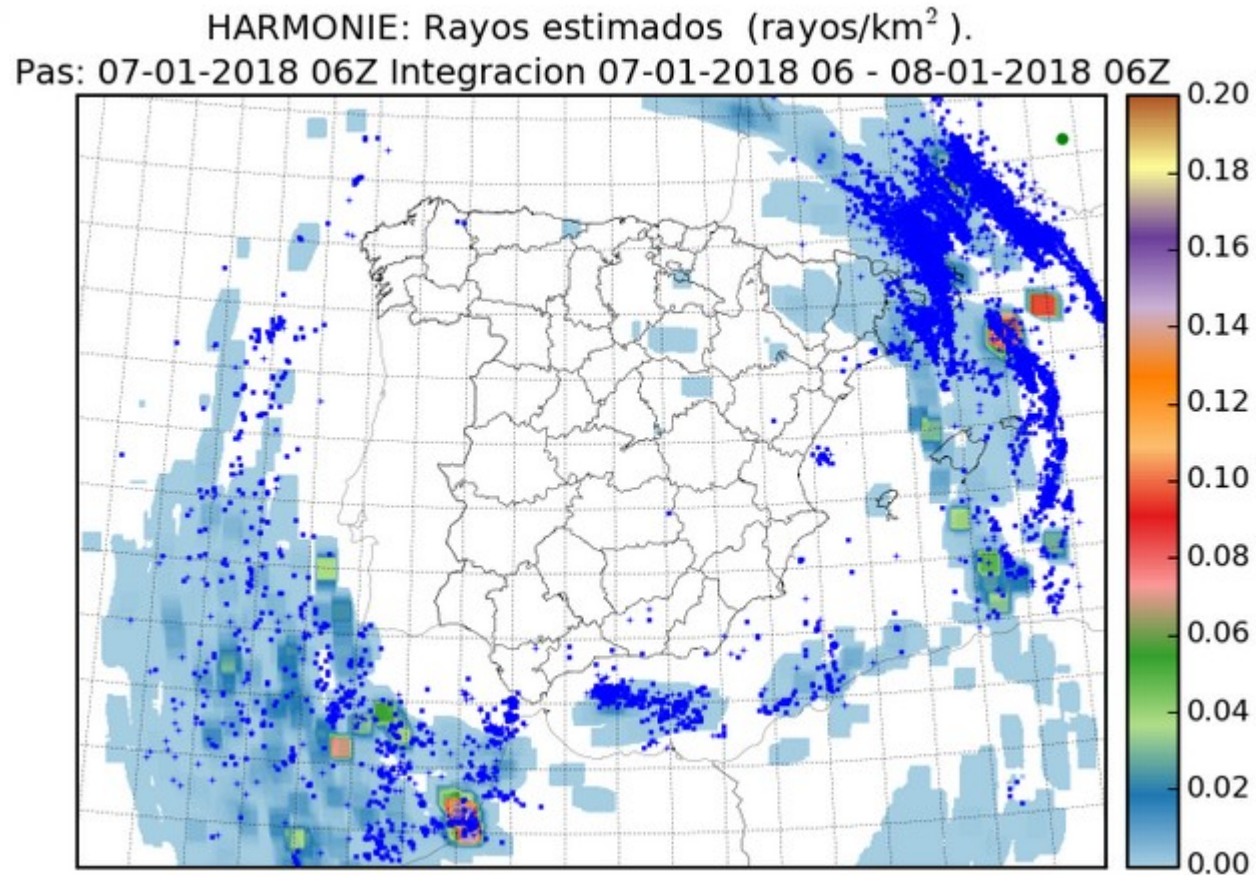
HARMONIE: Consenso entre pasadas (%).

Integracion 07-01-2018 06 - 08-01-2018 06Z



[jsosac@aemet.es](mailto:jsosac@aemet.es)

# Estimación de descargas: Comparación con observaciones



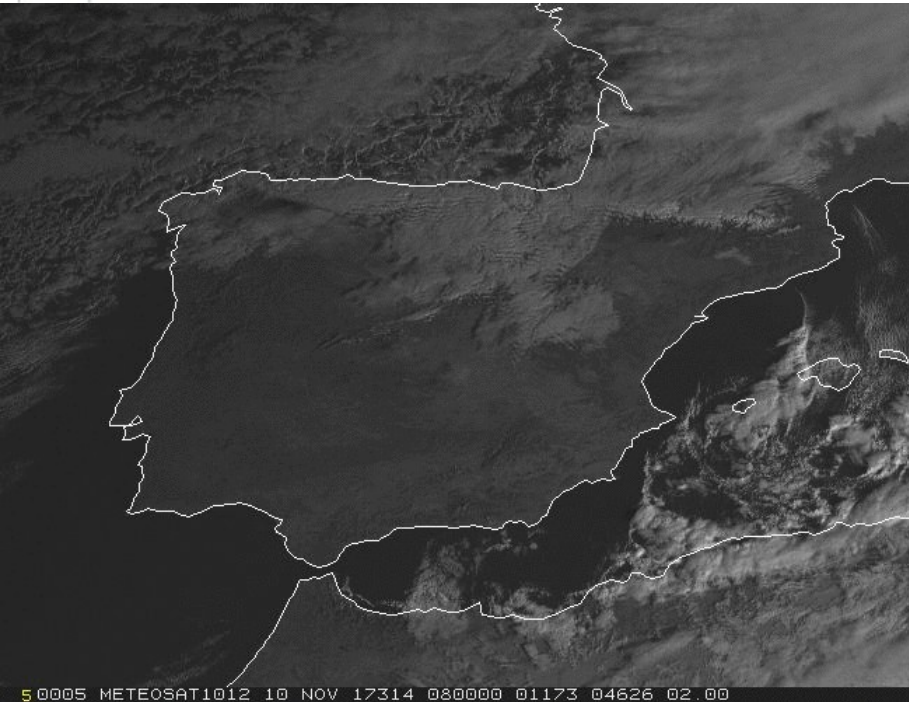
*Densidad de descargas simuladas en 24 hr vs.  
descargas nube-tierra red AEMET.*

[jsosac@aemet.e](mailto:jsosac@aemet.e)

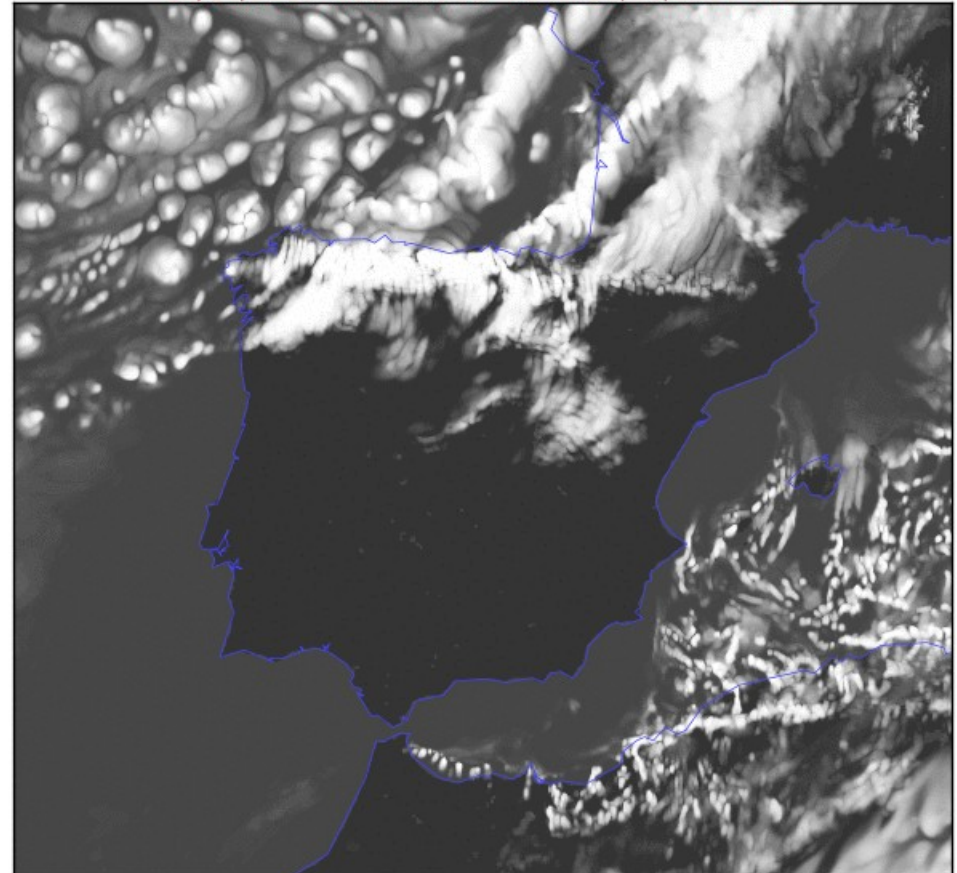
S



# Productos: Nubes bajas/nieblas



AIB Pseudo Imagen VIS  
10/11/2017 00Z H+08 Valid: 10/11/2017 08Z



- Todavía con **errores significativos** en la predicción de nubes bajas/nieblas pero mucho **mejor** que **HIRLAM y ECMWF**

- **HARMONIE-AROME:** Desde Julio de 2017, nuevo modelo operativo en AEMET. 2018 plazo de migración de todos los productos/usuarios.
- Pertenece a una **nueva generación de modelos:**
  - No Hidrostáticos
  - Resuelven explícitamente la convección profunda
- Supone una **mejora significativa en las predicciones locales**
  - Precipitación y especialmente lluvias fuertes
  - Viento
  - Temperaturas
  - Nieblas
- Modelos muy complejos cuyo desarrollo sólo es posible gracias a la colaboración internacional
  - Colaboración ente los consorcios ALADIN y HIRLAM.
  - Forma parte del llamado “Sistema Compartido ALADIN-HIRLAM ”



Una descripción detallada de la configuración HARMONIE-AROME puede encontrarse en

- Bengtsson, L. et al 2017: The HARMONIE-AROME model configuration in the ALADIN-HIRLAM NWP system. *Mon. Wea. Rev.* <https://doi.org/10.1175/MWR-D-16-0417.1>

## Código compartido ALADIN-HIRLAM

La configuración HARMONIE-AROME forma parte del código compartido ALADIN-HIRLAM fruto de la colaboración de los consorcios ALADIN y HIRLAM, y Météo-France.

El Consorcio HIRLAM está constituido por los Servicios Meteorológicos de Dinamarca, Estonia, Finlandia, Islandia, Irlanda, Lituania, Holanda, Noruega, España y Suecia, con Francia como miembro asociado.

El consorcio ALADIN está formado por Argelia, Austria, Bélgica, Bulgaria, Croacia, Republica Checa, Francia, Hungría, Marruecos, Polonia, Portugal, Rumanía, Eslovaquia, Eslovenia, Túnez y Turquía.



**Gracias**