

## JORNADA SOBRE TORMENTAS Y SU IMPACTO EN EL TRANSPORTE Y LA NAVEGACIÓN AÉREOS

# Productos para la predicción de tormentas y su implantación en España

Alejandro Roa Alonso (aroad@amet.es)  
Jefe del Área de Técnicas y Aplicaciones de Predicción

17 de noviembre de 2016  
Salón de actos de AEMET

## ¿Qué entendemos por tormentas?

- En español, cuando hablamos de tormentas, implica que hay aparato eléctrico. (Equivale en inglés a “thunderstorm”, no simplemente a “storm”, que podría traducirse por “tempestad”)
- La actividad eléctrica es consecuencia de las fuertes corrientes ascendentes y descendentes dentro de las tormentas, que separan las cargas eléctricas de las moléculas del aire.
- Las descargas eléctricas pueden ser de nube a nube o de nube a tierra. Las descargas no son simples, sino ramificadas.
- Las descargas a tierra pueden ser positivas o negativas, según la relación de cargas entre nube y tierra.

## Efectos de las tormentas

Además del aparato eléctrico que define a una tormenta, pueden darse otros fenómenos:

- **Lluvias intensas**, muy habitualmente, si bien hay tormentas secas, sin apenas precipitación.
- **Granizo**
- **Vientos fuertes** no tornádicos en superficie, originados por las corrientes descendentes.
- **Tornados y trombas marinas**, en determinadas circunstancias.

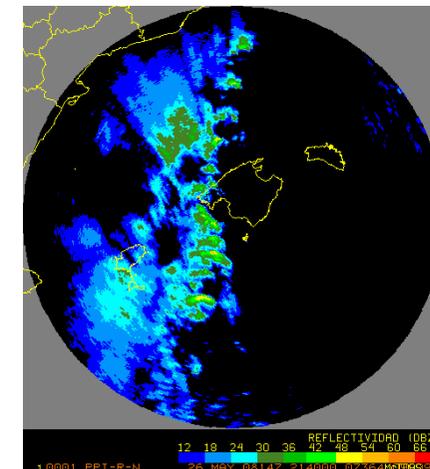
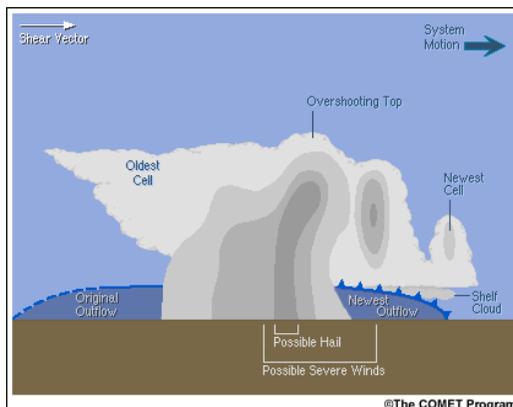
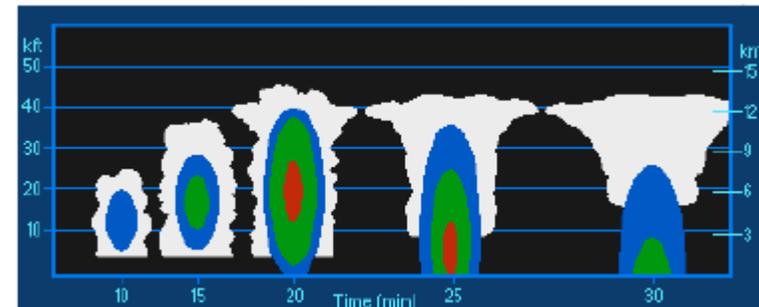
## ¿Qué entendemos por tormentas severas?

Según la definición empleada en AEMET, una tormenta es severa (del inglés “severe”) cuando se observa alguno de los siguientes efectos:

- Granizo de diámetro igual o superior a 2 cm
- Rachas de vientos iguales o mayores a 50 km/h
- Tornados

## Clasificación de las tormentas

- Células ordinarias o simples (d)
- Multicélulas o tormentas multicelulares (a. i.)
- Supercélulas (a. c.)
- Sistemas convectivos de mesoescala (SCM) (a. d.)



# Avisos para el público general (Meteoalerta)

## 1.1. TORMENTAS

**NIVEL AMARILLO:** Tormentas generalizadas con posibilidad de desarrollo de estructuras organizadas. Lluvias localmente fuertes y/o vientos localmente fuertes y/o granizo inferior a 2 cm. Dado el carácter de estos fenómenos existe la posibilidad de que se puedan producir tormentas de intensidad superior de forma puntual.

**NIVEL NARANJA:** Tormentas muy organizadas y generalizadas. Es posible que se puedan registrar lluvias localmente muy fuertes y/o vientos localmente muy fuertes y/o granizo superior a 2 cm. También es posible la aparición de tornados.

**NIVEL ROJO:** Tormentas altamente organizadas. La probabilidad de lluvias localmente torrenciales y/o de vientos localmente muy fuertes y/o granizo superior a 2 cm es muy elevada. Es probable la aparición de tornados.

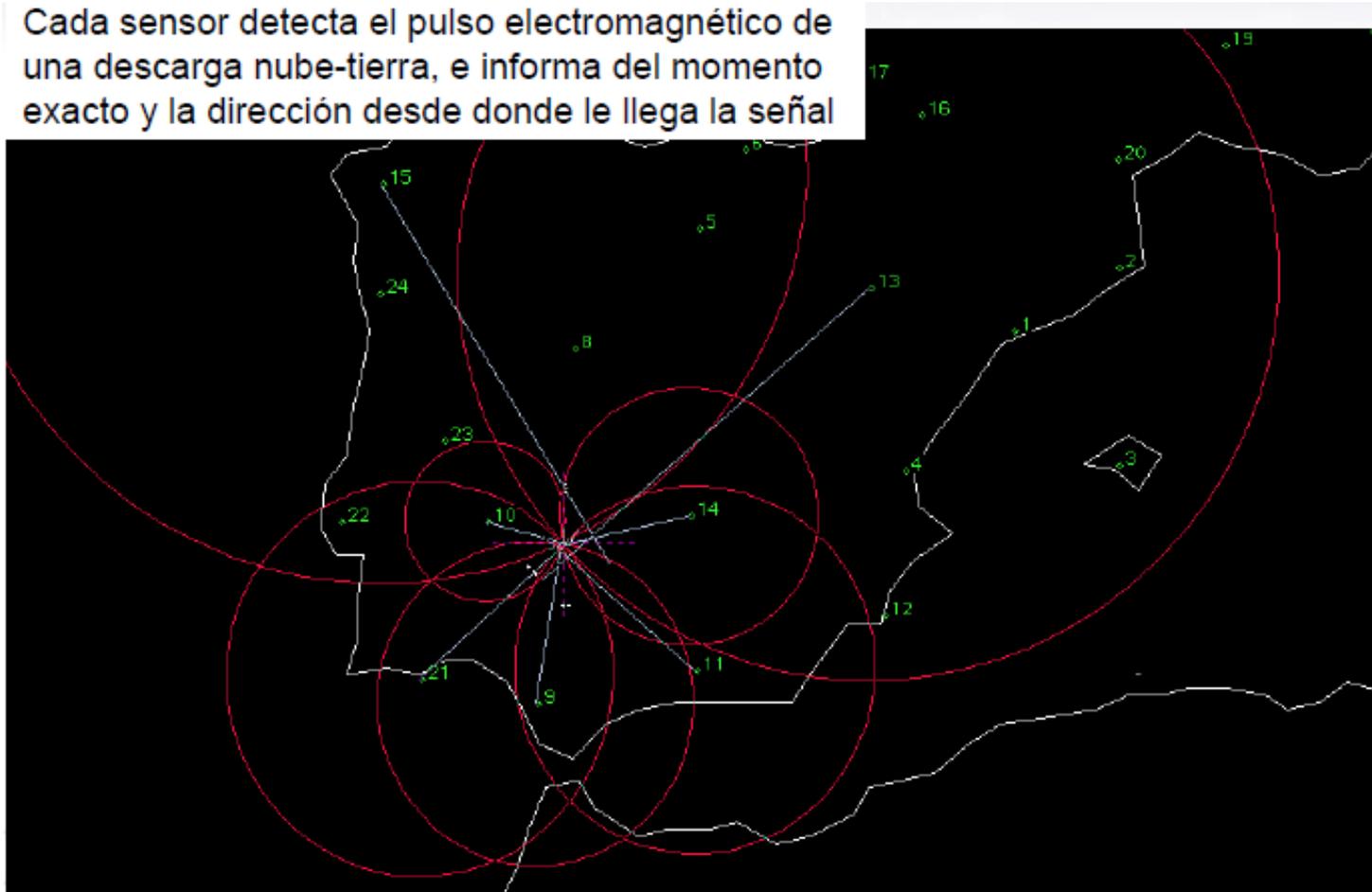


## Detección de tormentas: red de detección de descargas



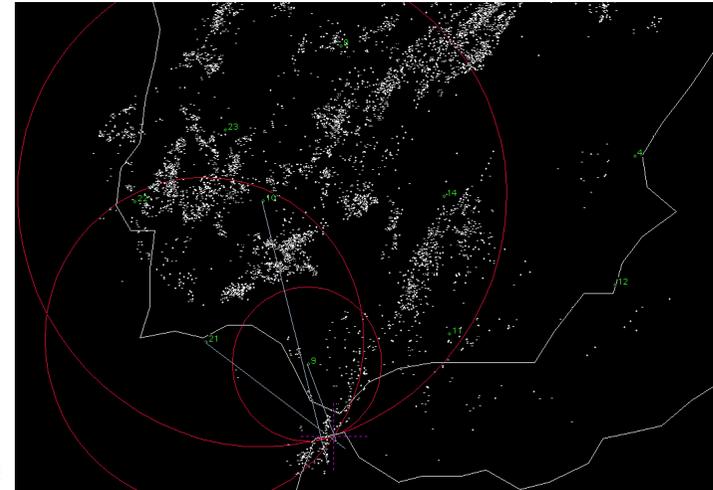
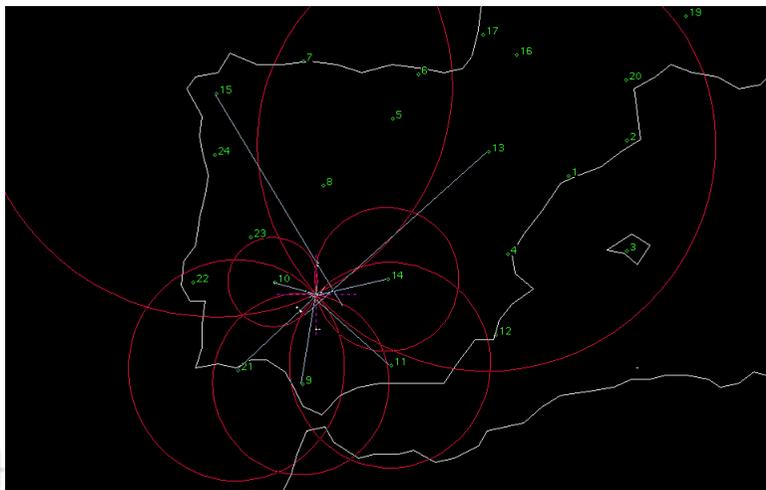
## Detección de tormentas: red de detección de descargas

Cada sensor detecta el pulso electromagnético de una descarga nube-tierra, e informa del momento exacto y la dirección desde donde le llega la señal

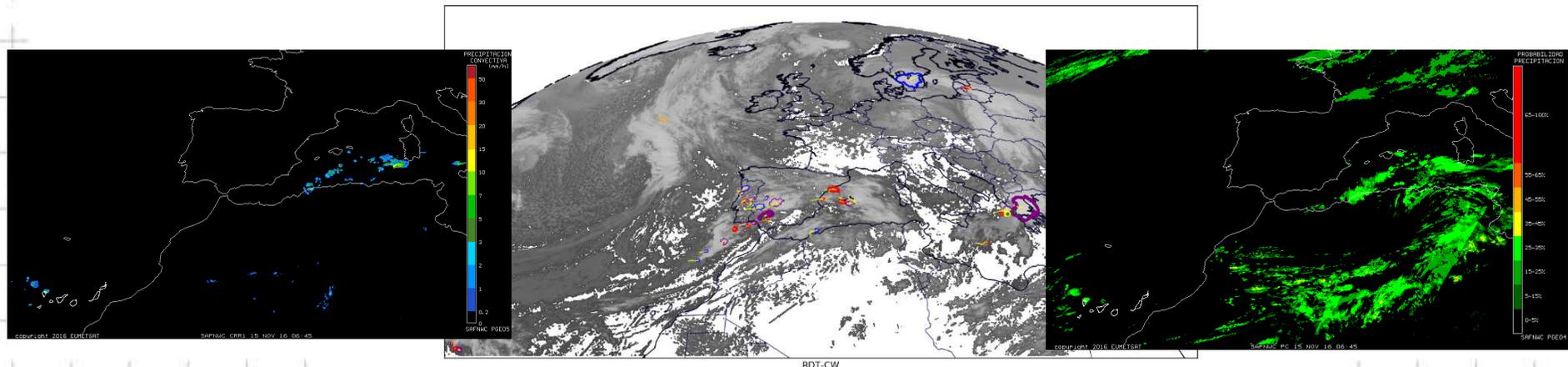
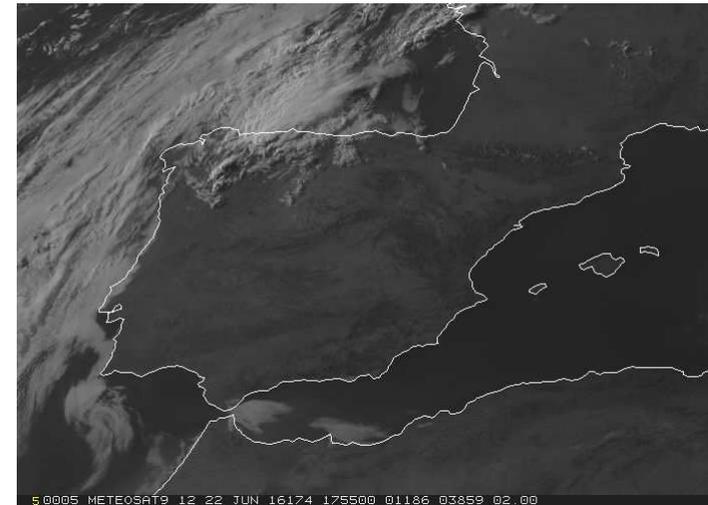
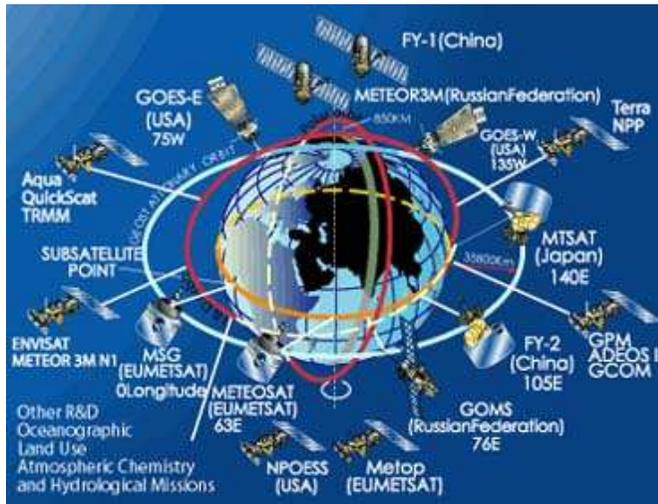


## Detección de tormentas: red de detección de descargas

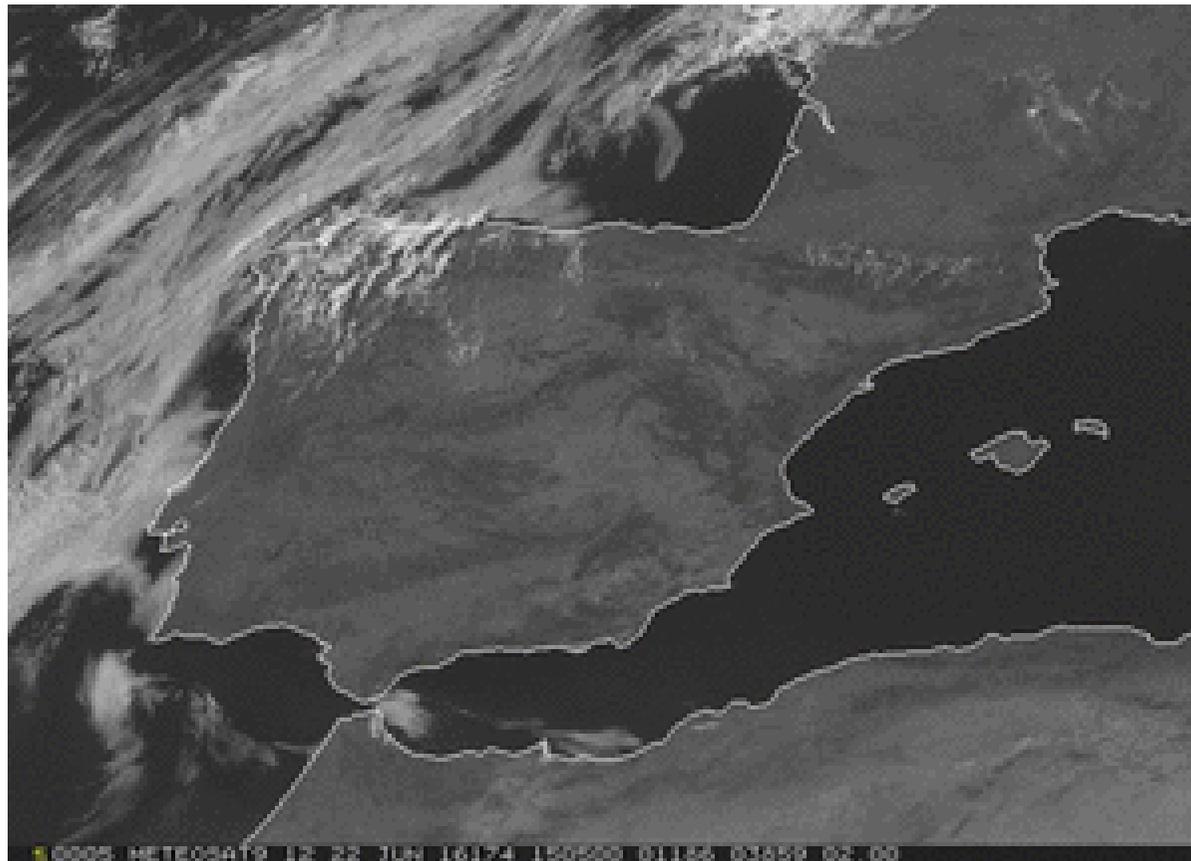
- **Eficiencia de la detección:** Se detectan aproximadamente el 90% de las descargas nube-tierra ocurridas realmente
- **Precisión de localización:** En condiciones óptimas, la precisión en la localización de una descarga es de 500 metros. Si es una zona con muchos detectores (izquierda) la calidad es mejor que si hay pocos (derecha). Las descargas débiles se detectan peor que las fuertes.



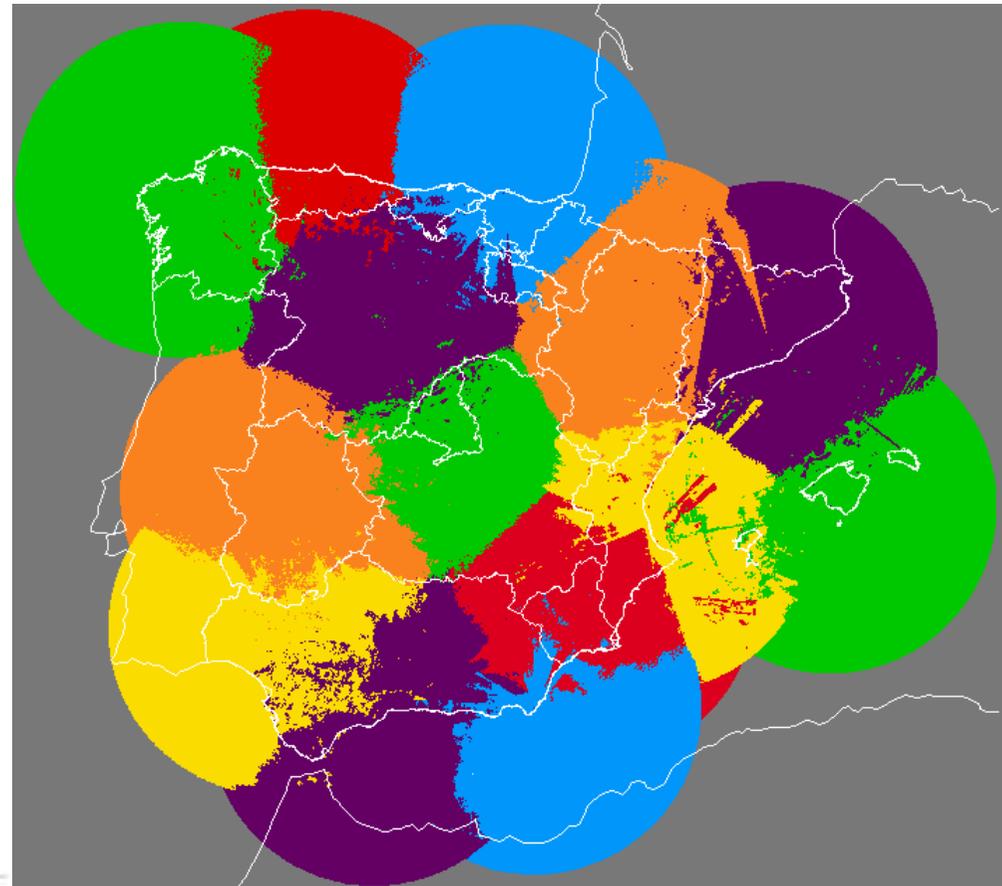
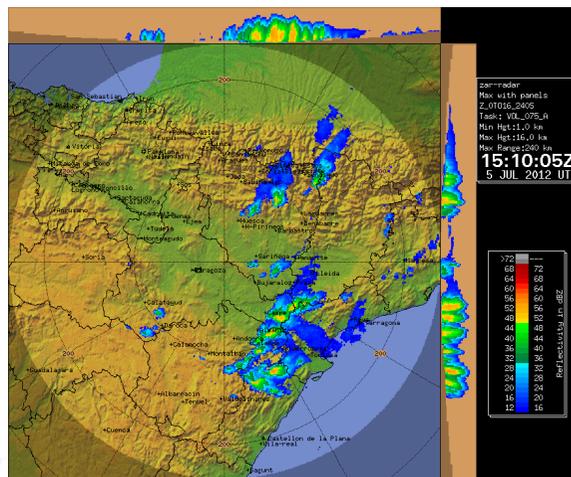
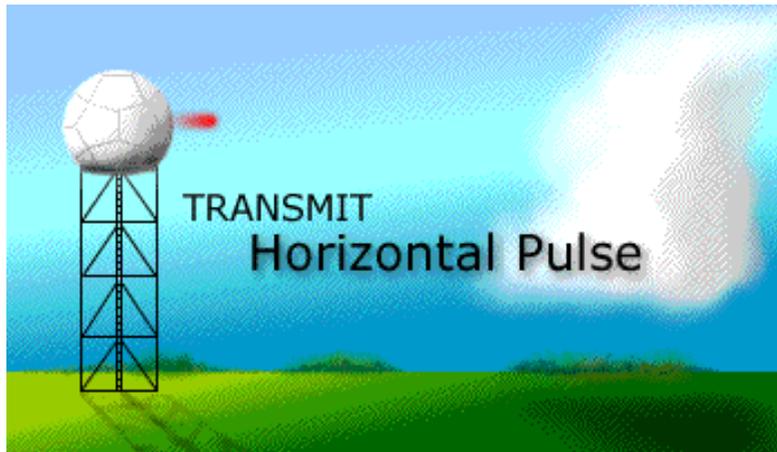
# Detección de tormentas: satélite



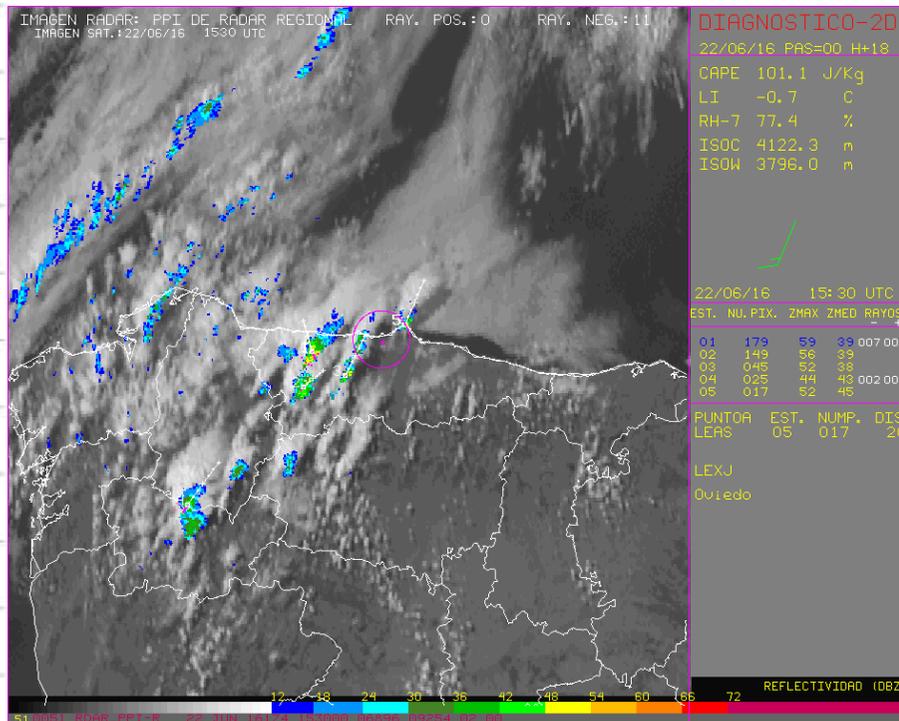
## Detección de tormentas: satélite



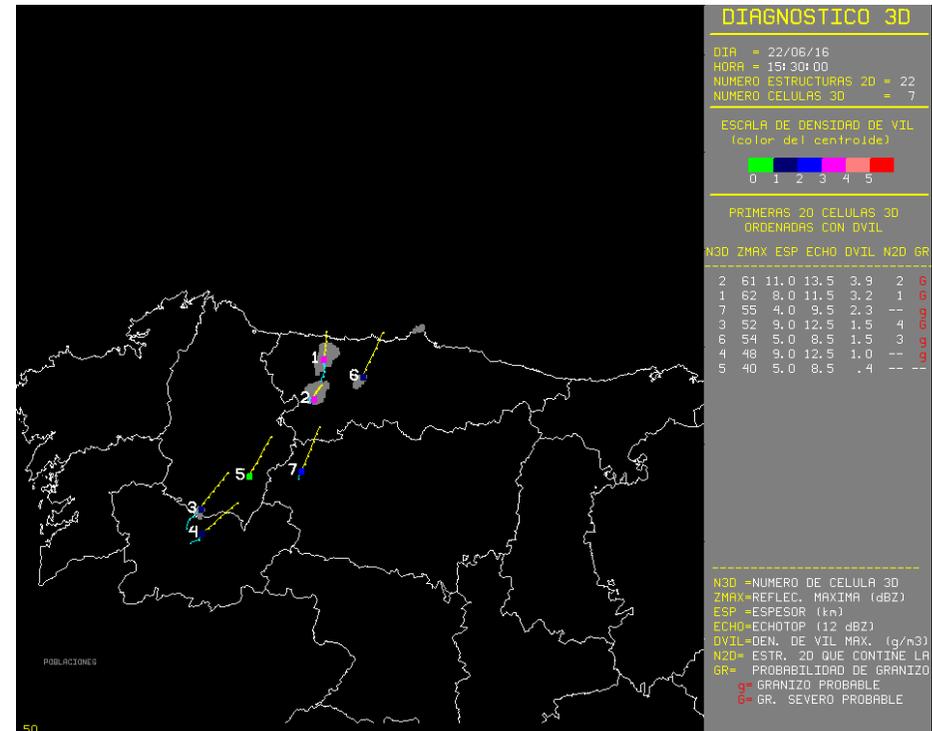
## Detección de tormentas: red de radares



# Detección de tormentas: radar + satélite + rayos

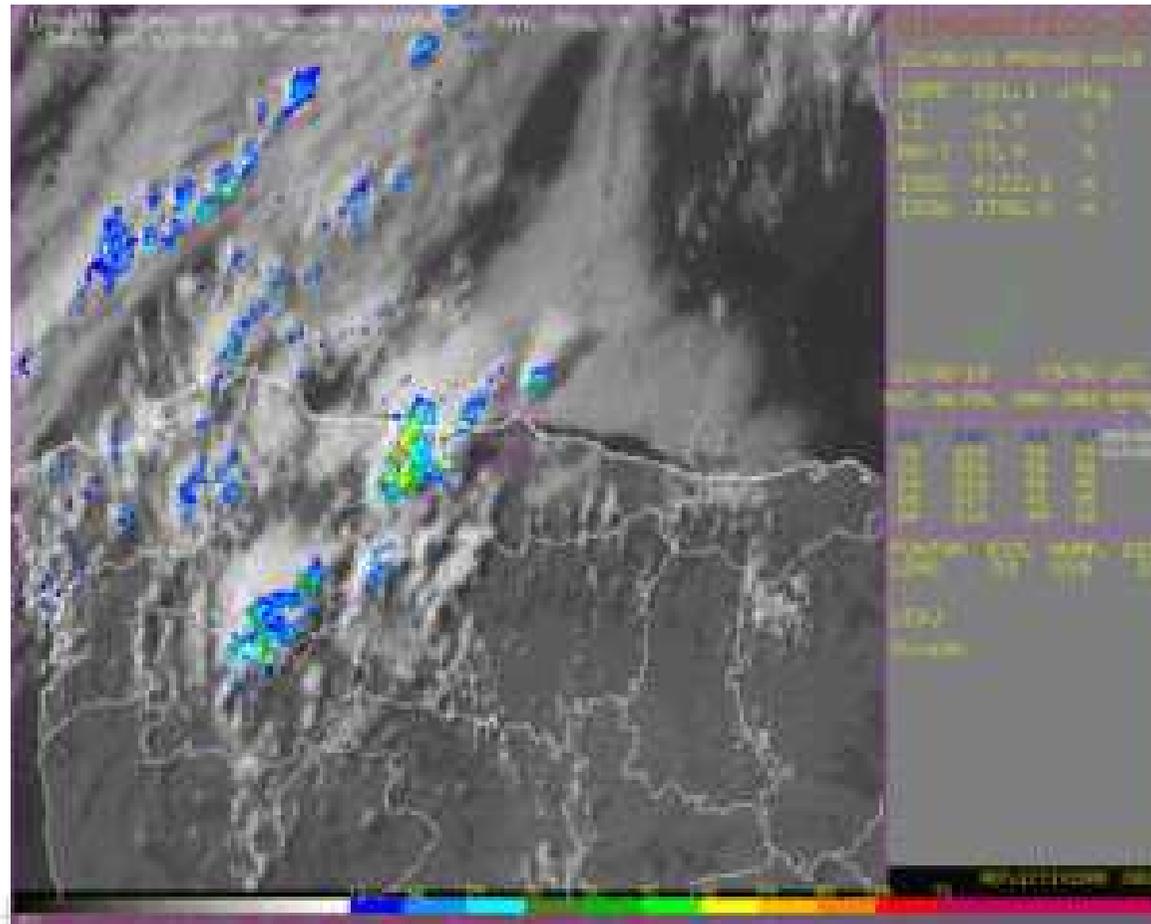


Diagnóstico convectivo 2D

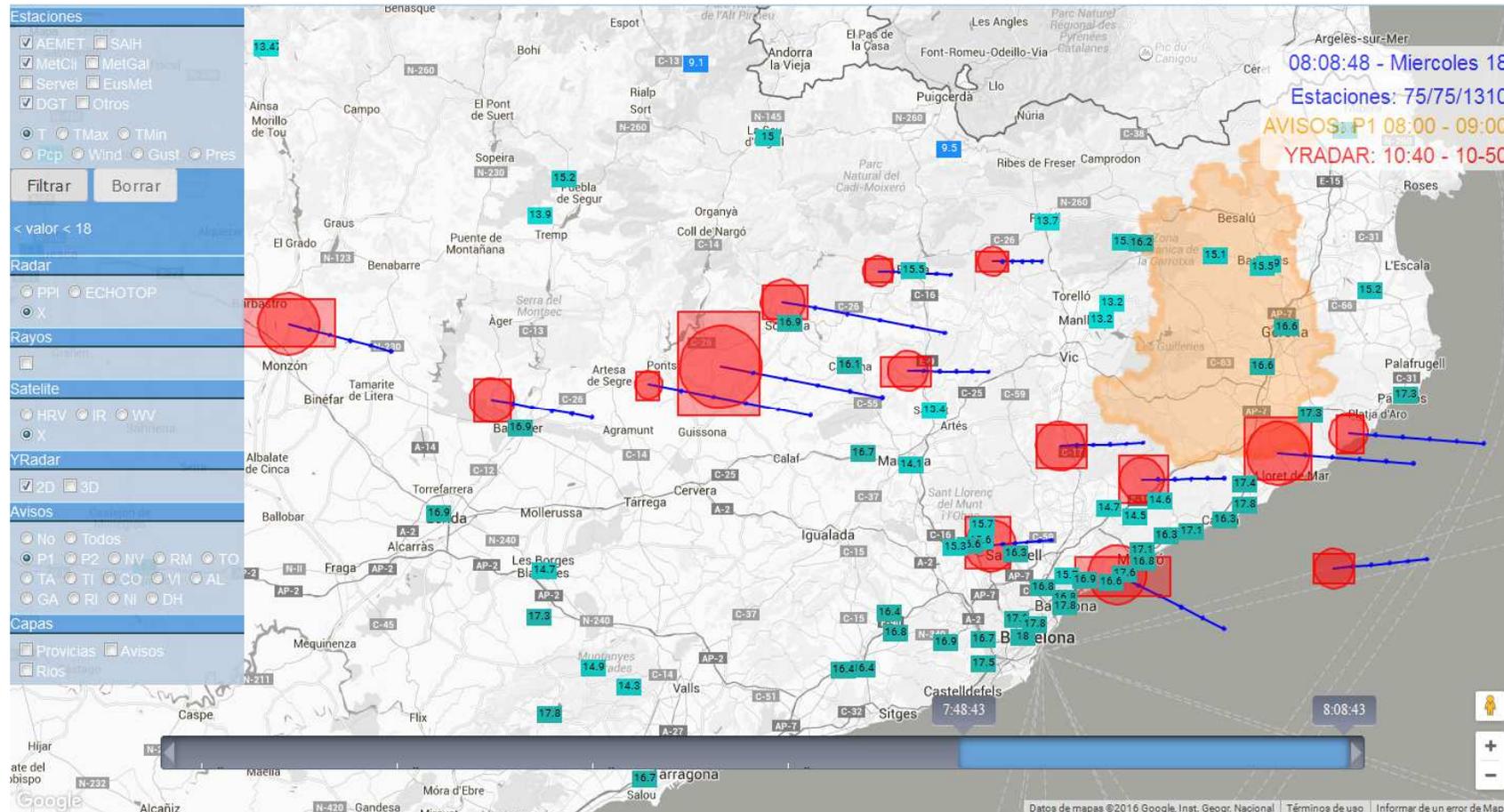


Diagnóstico convectivo 3D

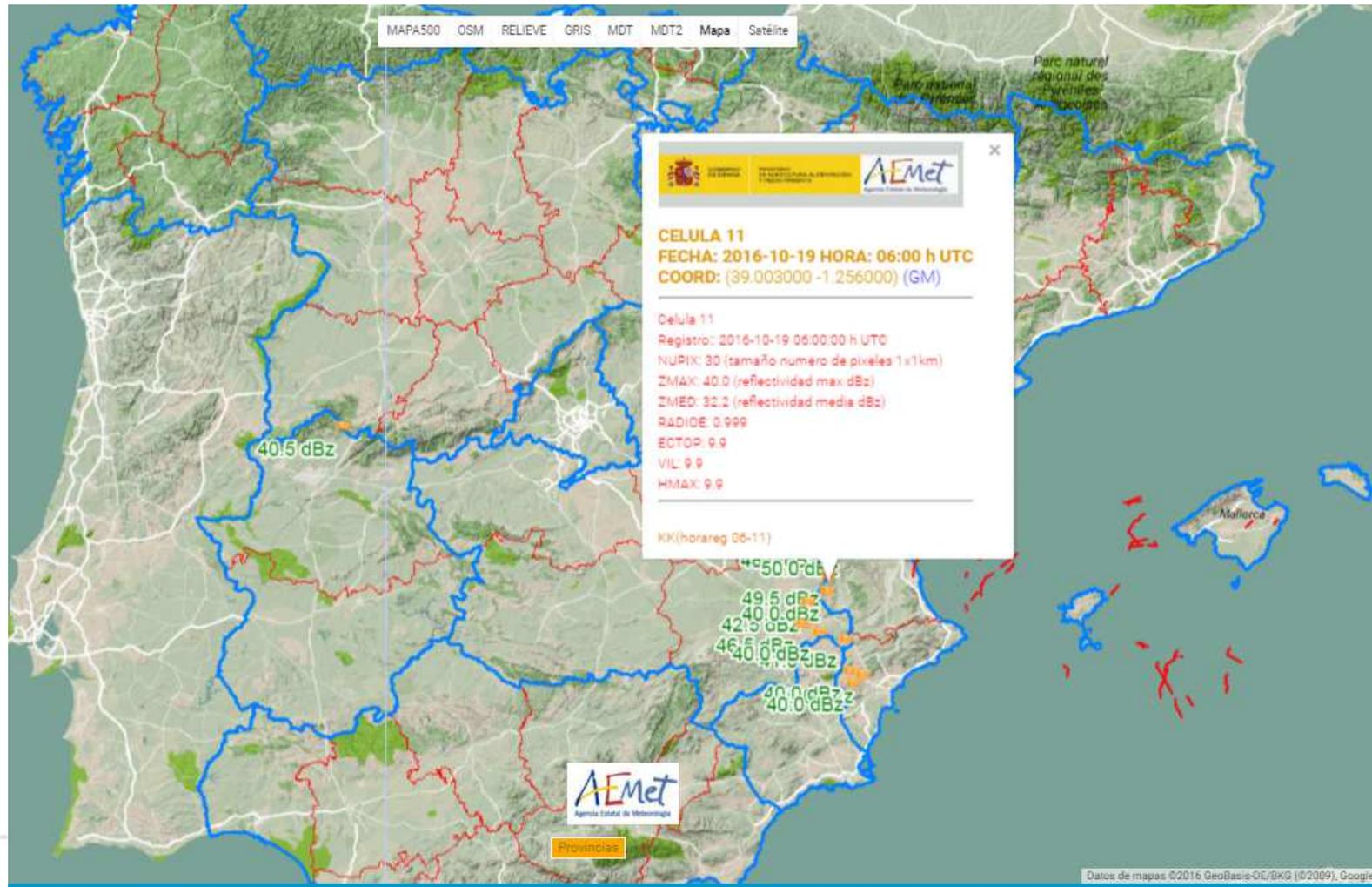
## Detección de tormentas: satélite + radar + rayos



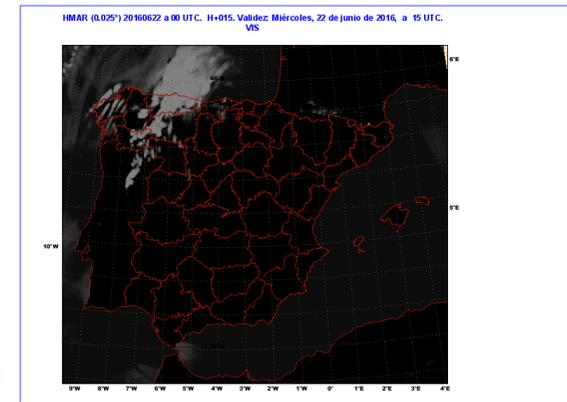
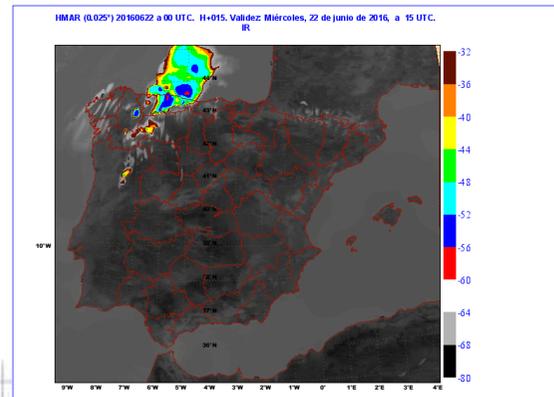
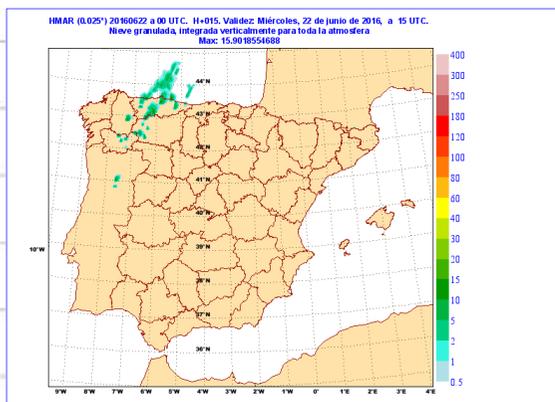
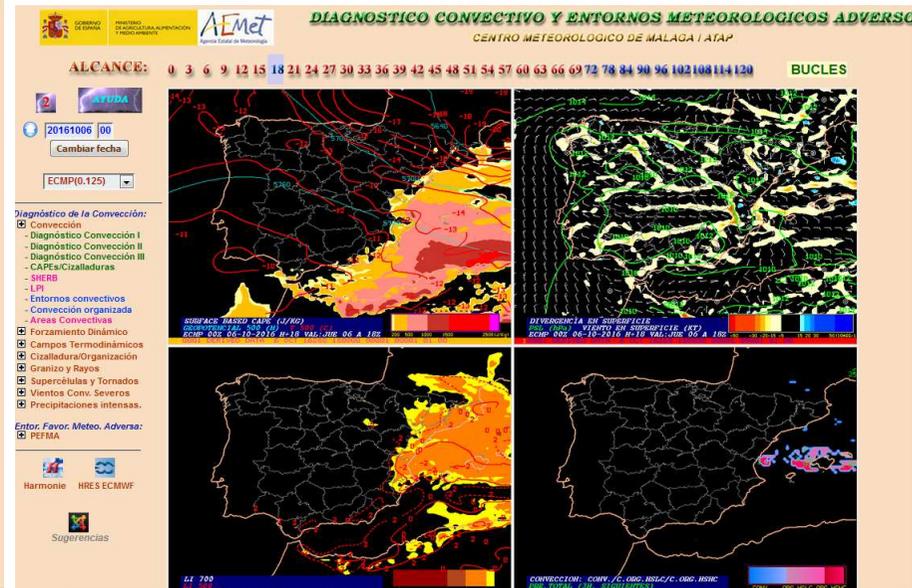
# Detección de tormentas: seguimiento de las tormentas



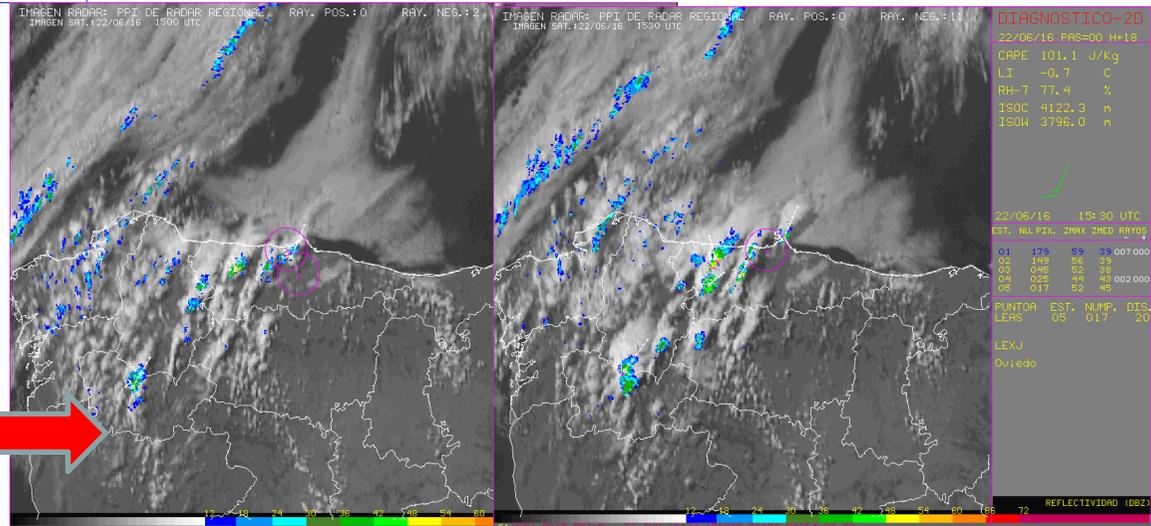
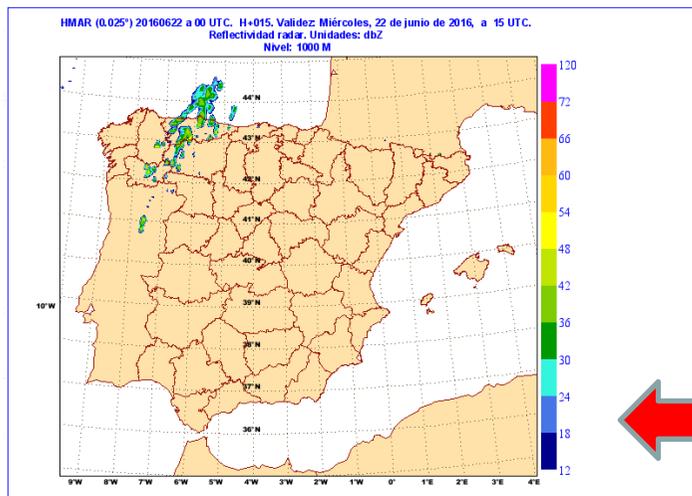
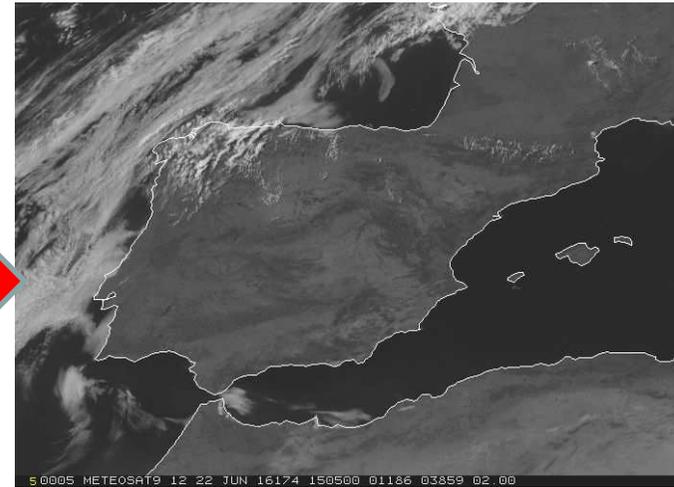
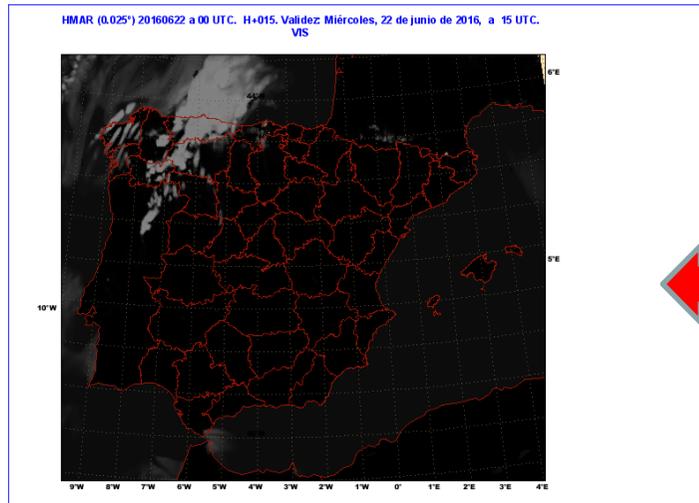
# Detección de tormentas: seguimiento de las tormentas



# Predicción de tormentas: salidas de modelos numéricos



# Predicción de tormentas: modelos numéricos vs. teledetección



## Productos de predicción de tormentas para la aeronáutica (Productos estándar según el Anexo 3 de la OACI)

- METAR, TREND
- TAF
- Avisos de aeródromo
- Avisos automáticos de tormentas y rayos
- SIGMET
- AIRMET
- GAMET
- SIGWX
- AIREP

Productos de aeródromo

Productos de área

## Productos de predicción de tormentas de aeródromo

Fenómenos que dan lugar a la emisión de avisos de aeródromo (WWSP60)

Fenómeno	Plantilla
Velocidad media del viento con racha máxima	SFC WSPD nn[n]KT MAX nn[n]
Viento medio en superficie (dirección y velocidad) con racha máxima	SFC WIND nnn/nn[n]KT MAX nn[n]
Tormenta	[HVY] TS
Turbonada <sup>(2)</sup>	SQ
Granizo	GR
Nieve (incluida acumulación de nieve prevista u observada) <sup>(5)</sup>	[PROB30, PROB40, PROB70][HVY] SN [PROB30, PROB40, PROB70][HVY] SN [nnCM ó nnMM]
Precipitación engelante	[HVY] FZRA ó [HVY] FZDZ
Escarcha o cencellada blanca	RIME
Tempestad de arena	[HVY] SS
Tempestad de polvo	[HVY] DS
Arena o polvo levantados por el viento.	SA (arena), DU (polvo)
Helada <sup>(3 y 4)</sup>	[MOD, HVY] FROST ó [MOD, HVY] FROST [T MSnnC]
Precipitación <sup>(6)</sup> acumulada en 1 ó 12 horas	RAINFALL IN 1HR MORE THAN nnMM RAINFALL IN 12HR MORE THAN nn[n]MM
Ceniza volcánica o [deposición de ceniza volcánica]	VA [DEPO]
Tsunami	TSUNAMI
Sustancias químicas tóxicas	TOX CHEM

## Productos de predicción de tormentas de área

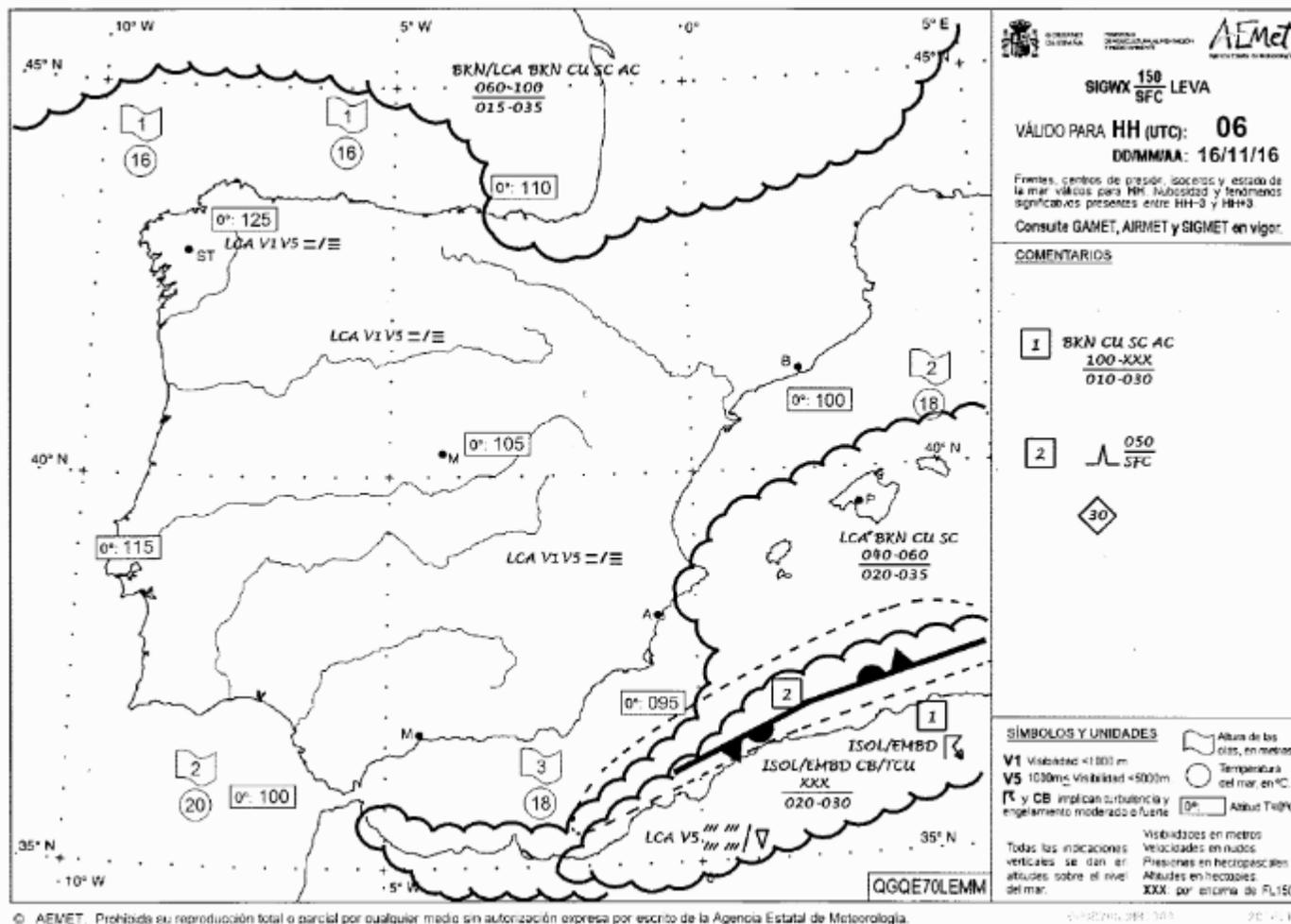
WSSP32 LEMM 101215  
LECB SIGMET 2 VALID 101215/101600 LEVA-  
LECB BARCELONA FIR/UIR EMBD TS OBS AT 1210Z N OF N3930 TOP FL300  
MOV NE 10KT INTSF=

WASP42 LEMM 151300  
LECB AIRMET 1 VALID 151520/151800 LEVA-  
LECB BARCELONA FIR ISOL TS FCST WI N4247 W04021 - N4247 W01400 - N4230 W01400 -  
N4230 W04021 N4247 W04021 TOP ABV 15000FT STNR WKN=

FASP40 LEMM 312300 (encabezamiento de comunicaciones)  
GCCC GAMET VALID 010300/010900 GCGC-  
GCCC CANARIAS FIR SUBZONA ISLAS BLW FL150

SECN I:  
SFC WIND: 03/06 NW OF SUBZONA 220/40KT  
E OF SUBZONA 240/30KT  
SFC VIS: 4000M RA  
SIGWX: 03/06 NW OF SUBZONA OCNL TS  
MT OBSC: LCA MT LA PALMA AND TEIDE  
SIG CLD: 03/06 FRQ CB 040/ABV15000FT AMSL

## Productos de predicción de tormentas de área



## Productos de predicción de tormentas de área

**TABLA 1: Símbolos de tiempo significativo**

	Tormenta		Llovizna
	Ciclón tropical		Lluvia
	Fuerte línea de turbonada		Nieve
	Turbulencia moderada		Chubasco
	Turbulencia fuerte		Granizo
	Ondas orográficas		Ventisca alta de nieve
	Engelamiento moderado en la aeronave		Calima fuerte de arena o polvo
	Engelamiento fuerte en la aeronave		Tempestad extensa de arena o polvo
	Niebla extensa		Calima extensa
	Materiales radiactivos en la atmósfera*		Neblina extensa
	Erupción volcánica**		Humo extenso
	Oscurecimiento de montañas		Precipitación engelante***

## Avisos automáticos de tormentas y rayos

### Avisos de rayos detectados para aeródromos (círculos de 25, 8 y 5 km)

WWSP61 NNNN DDHHMM

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA

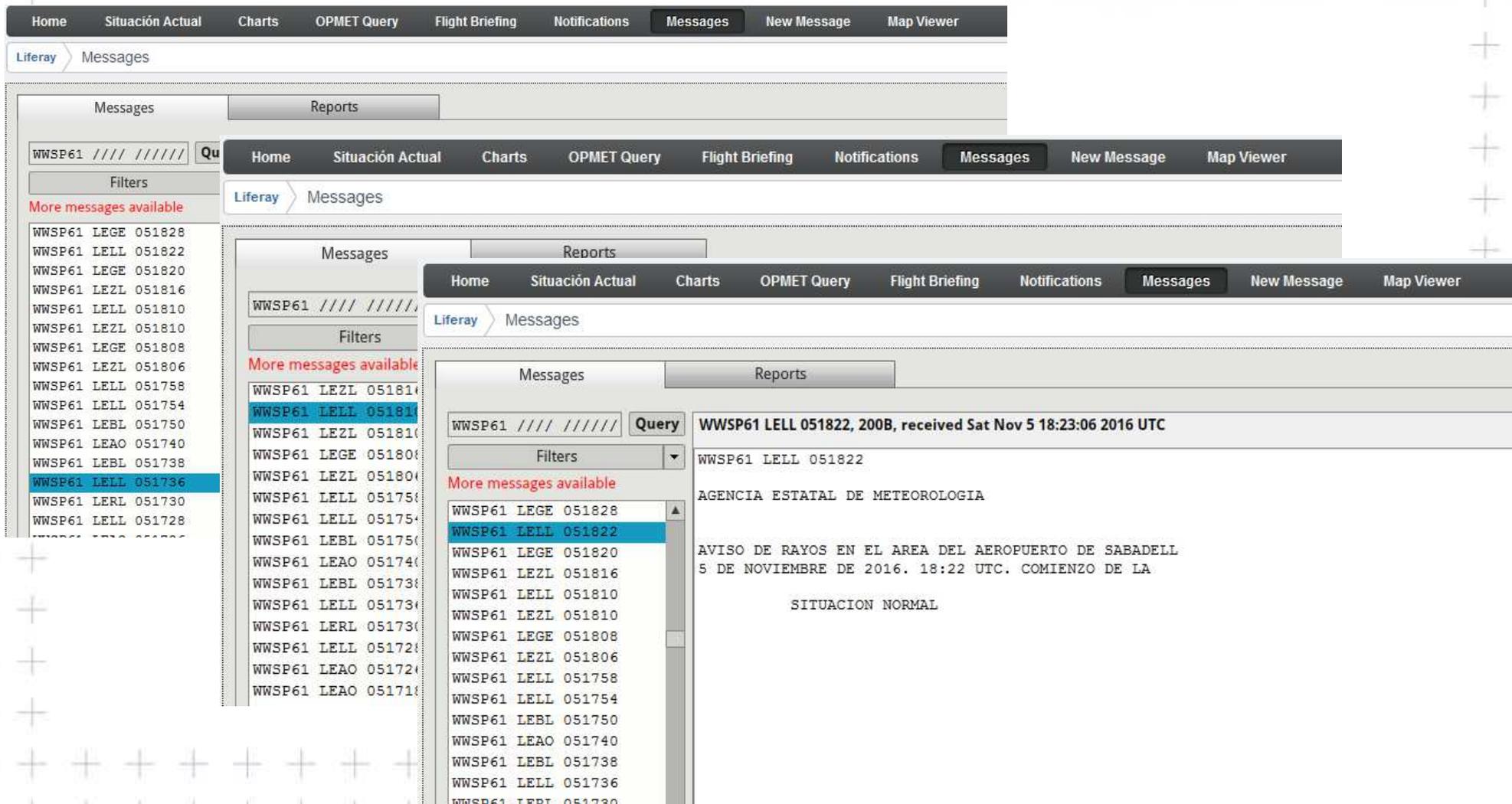
Aviso de rayos en el área del aeropuerto de NOMBREAEROPUERTO.

DD DE MMMM DE AAAA. HH:MM UTC. Comienzo del estado de TXTXTXTXTXTXT

Donde:

- WWSP61: Conjunto de caracteres que identifican el tipo de mensaje de aviso generado por parte de AEMET.
- NNNN: Indicativo OACI del aeropuerto afectado por el aviso.
- DDHHMM: día (DD), hora (HH) y minuto (MM) en que se emite el mensaje de aviso.
- NOMBREAEROPUERTO: Nombre en lenguaje claro del aeropuerto al que se refiere el mensaje de aviso.
- DD, MMMM, AAAA: Día (DD), mes (MMMM) y año (AAAA) correspondiente al mensaje generado.
- HH:MM: hora (HH) y minuto (MM) en que se ha generado el mensaje de aviso.
- TXTXTXTXTXTXT: estado en que queda el aeropuerto al emitirse este aviso.

# Avisos automáticos de tormentas y rayos



The screenshot displays a web application interface for AEMet. At the top, there is a navigation menu with options: Home, Situación Actual, Charts, OPMET Query, Flight Briefing, Notifications, Messages, New Message, and Map Viewer. The 'Messages' tab is selected.

Below the navigation, there is a breadcrumb trail: Liferay > Messages. The main content area is divided into two sections: 'Messages' and 'Reports'. The 'Messages' section shows a list of messages with columns for message ID, station, and time. A 'Query' field is visible, and a 'Filters' dropdown menu is present. A red text label indicates 'More messages available'.

The detailed view of a message shows the following information:

- Message ID: WWSP61 LELL 051822, 200B, received Sat Nov 5 18:23:06 2016 UTC
- Station: WWSP61 LELL 051822
- Agency: AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGIA
- Message Text: AVISO DE RAYOS EN EL AREA DEL AEROPUERTO DE SABADELL 5 DE NOVIEMBRE DE 2016. 18:22 UTC. COMIENZO DE LA SITUACION NORMAL

## Avisos automáticos de tormentas y rayos

**Avisos de tormentas previstas en la próxima media hora en un círculo de 25 km alrededor del aeródromo, basados en la extrapolación del movimiento de células convectivas o agrupamientos de rayos (No se genera si ya hay rayos detectados)**

WWSP62 ACT NNNN AAMMDDHH:MM VAL 30m AAAAA MOV nn/nn  
TORMENTA PREVISTA para el área del aeropuerto de NOMBREAEROPUERTO.  
MENSAJE emitido a las HH:MM UYC del DD de mes de AAAA

Se detecta tormenta que posiblemente afectará a la zona del aeropuerto en los próximos xx minutos, situadas al nn, desplazándose hacia el nn

- WWSP62: Conjunto de caracteres que identifican el tipo de mensaje de aviso generado por parte de AEMET.
- ACT: caracteres para indicar el tipo de mensaje de ACTividad
- NNNN: Indicativo OACI del aeropuerto afectado por el aviso.
- AADDHH:MM año (AA), mes (MM), día (DD), hora (HH) y minuto (MM) en que se emite el mensaje de aviso.
- VAL: Caracteres para indicar el periodo de validez del mensaje
- AAAAA: Texto para indicar si hay UNA o VARIAS tormentas que puedan afectar al aeródromo
- nn/nn: Dirección respecto a los puntos de la brújula (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) para situación y desplazamiento de las células
- NOMBREAEROPUERTO: Nombre en lenguaje claro del aeropuerto al que se refiere

# Avisos automáticos de tormentas y rayos

Home Situación Actual Charts OPMET Query Flight Briefing Notifications Messages New Message Map Viewer

Liferay Messages

Messages Reports

WWSP62 //// // Query **WWSP62 LESO 081144, 408B, received Tue Nov 8 11:44:36 2016 UTC**

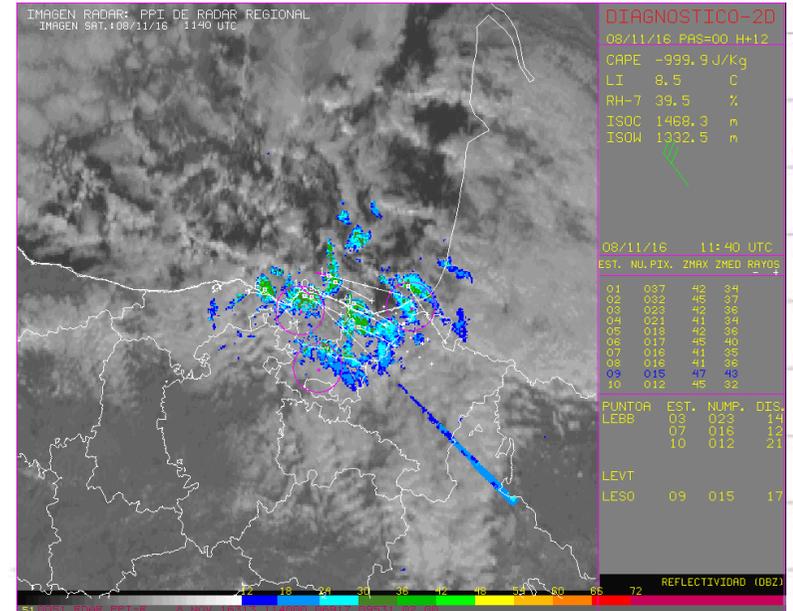
Filters

- WWSP62 LESO 052044
- WWSP62 LEBA 052034
- WWSP62 LESO 052034
- WWSP62 LEBA 052014
- WWSP62 LEBA 052004
- WWSP62 LESO 052004
- WWSP62 LEBA 051954
- WWSP62 LEBA 051944
- WWSP62 LEBA 051934
- WWSP62 LEBA 051934
- WWSP62 LEBA 051924
- WWSP62 LESO 051914
- WWSP62 LEBA 051904
- WWSP62 LEBA 051854
- WWSP62 LESO 051854
- WWSP62 LEBA 051834
- WWSP62 LEBA 051834
- WWSP62 LEBA 051834
- WWSP62 LEBA 051824
- WWSP62 LESO 051824
- WWSP62 LESO 051814
- WWSP62 LEBA 051804

WWSP62 LESO 081144  
AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGIA

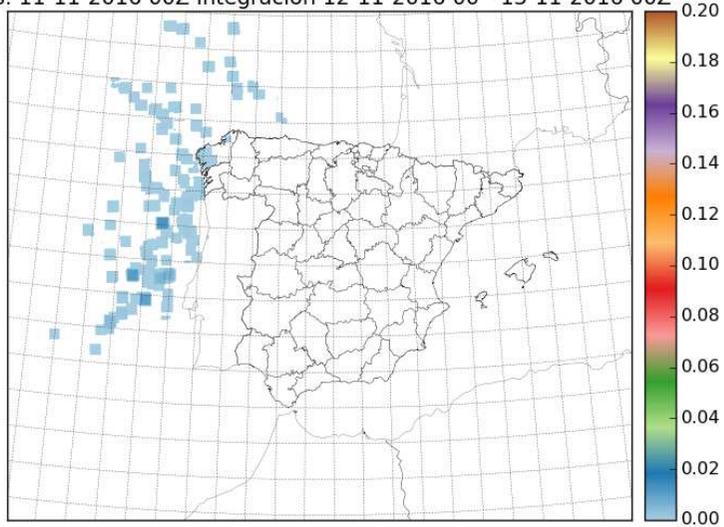
WWSP62 ACT LESO 16110811:40 VAL 20m UNA MOV SW/SW

TORMENTA PREVISTA para el area del aeropuerto de SAN SEBASTIAN  
MENSAJE emitido a las 11:40 UTC del 08 de Noviembre de 2016  
Se detecta tormenta que posiblemente afectara a la zona del aeropuerto en los proximos 20 minutos, situada al SW, desplazándose hacia el SW del aeropuerto.

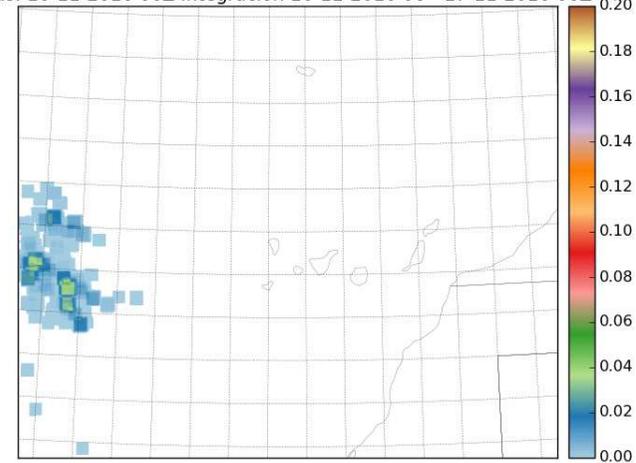


# Producto experimental de rayos basados en HARMONIE

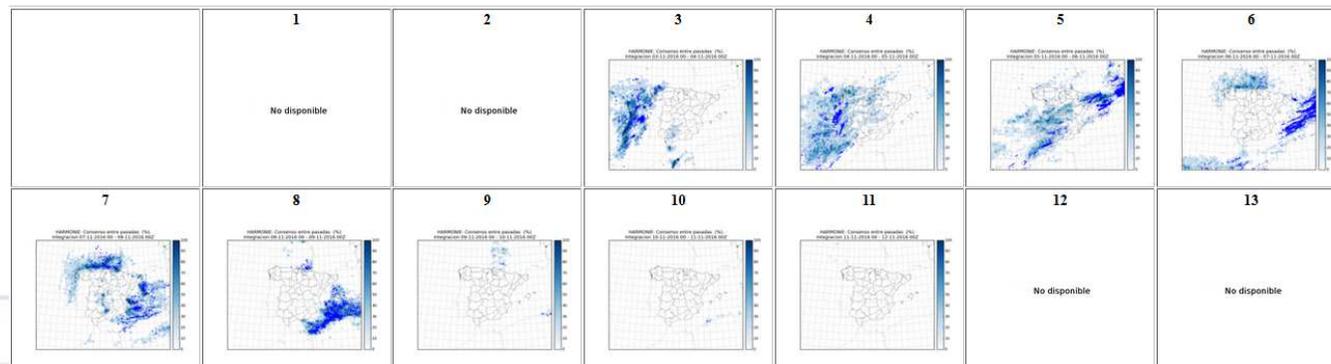
HARMONIE: Rayos estimados (rayos/km<sup>2</sup>).  
Pas: 11-11-2016 00Z Integración 12-11-2016 00 - 13-11-2016 00Z



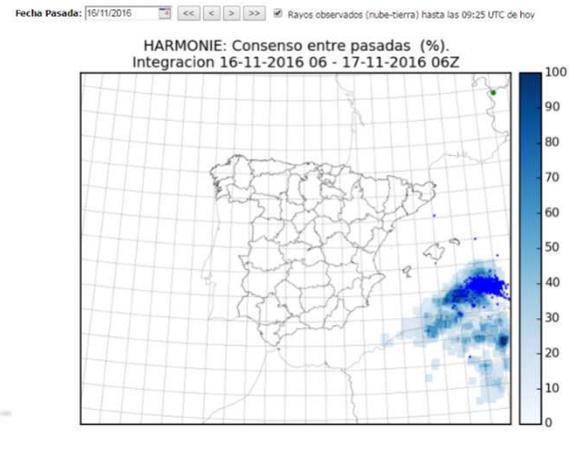
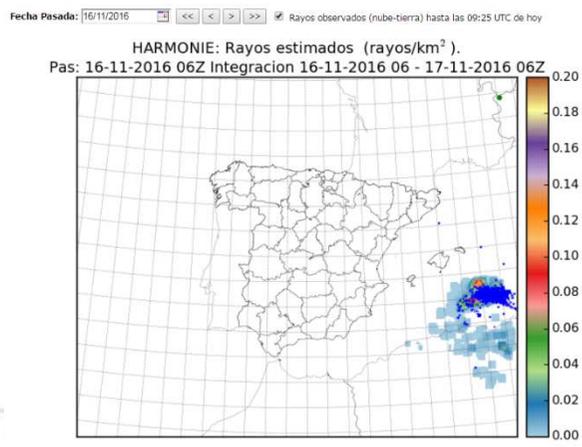
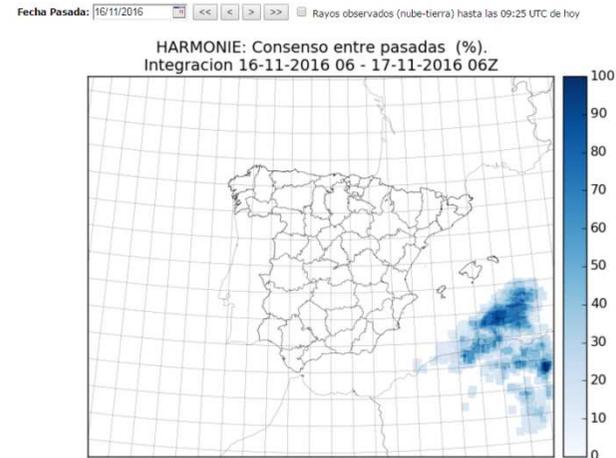
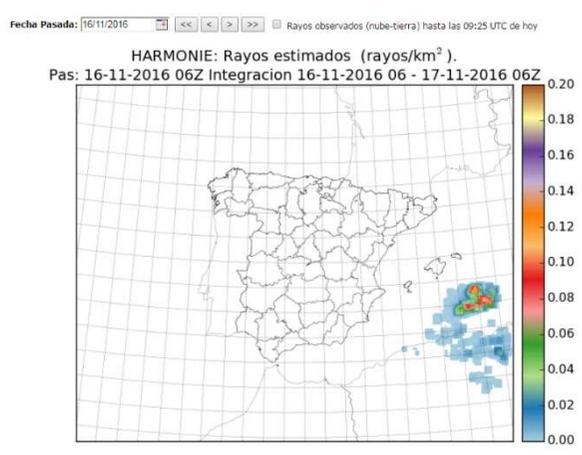
HARMONIE: Rayos estimados (rayos/km<sup>2</sup>).  
Pas: 16-11-2016 06Z Integración 16-11-2016 06 - 17-11-2016 06Z



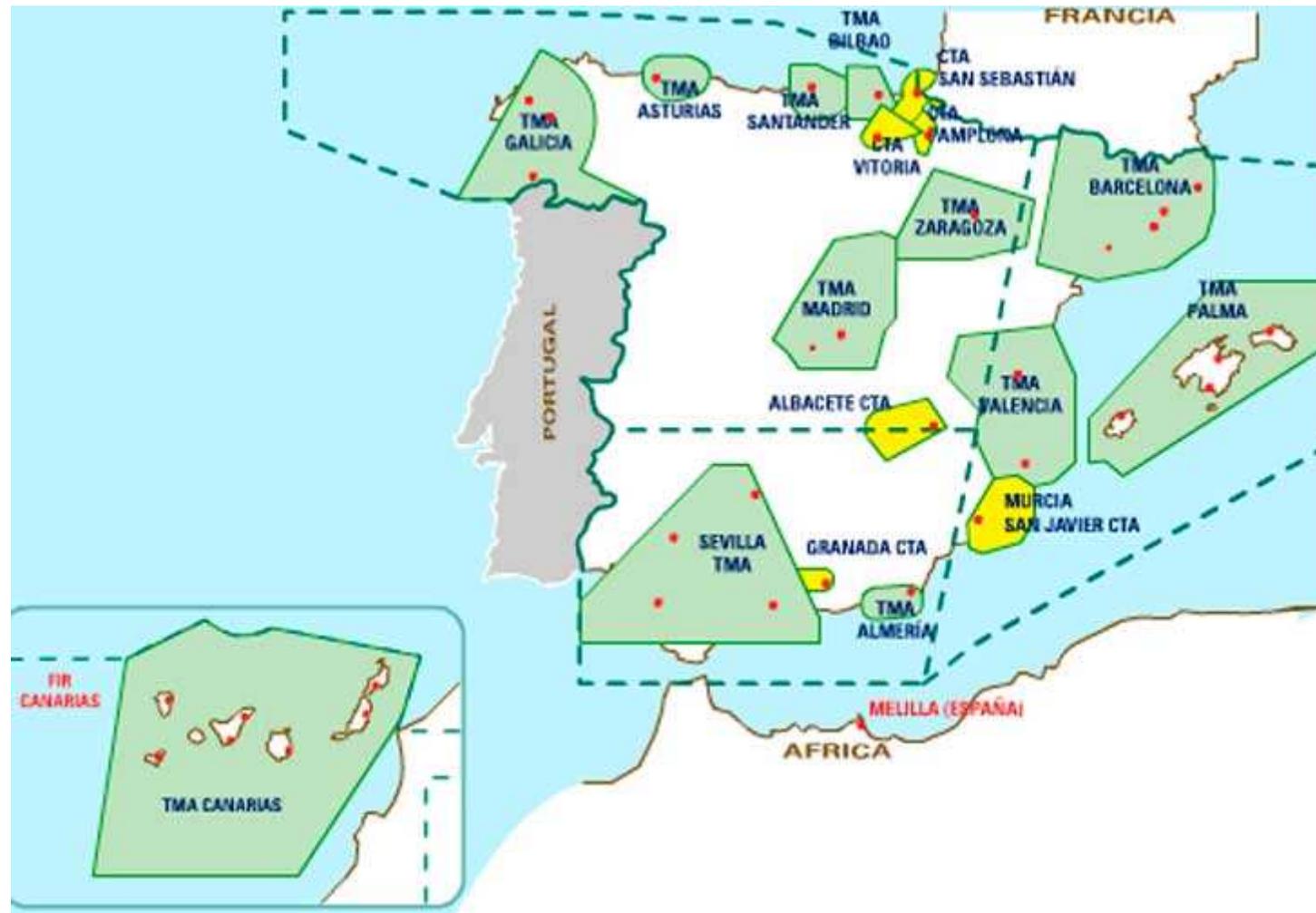
Noviembre 2016



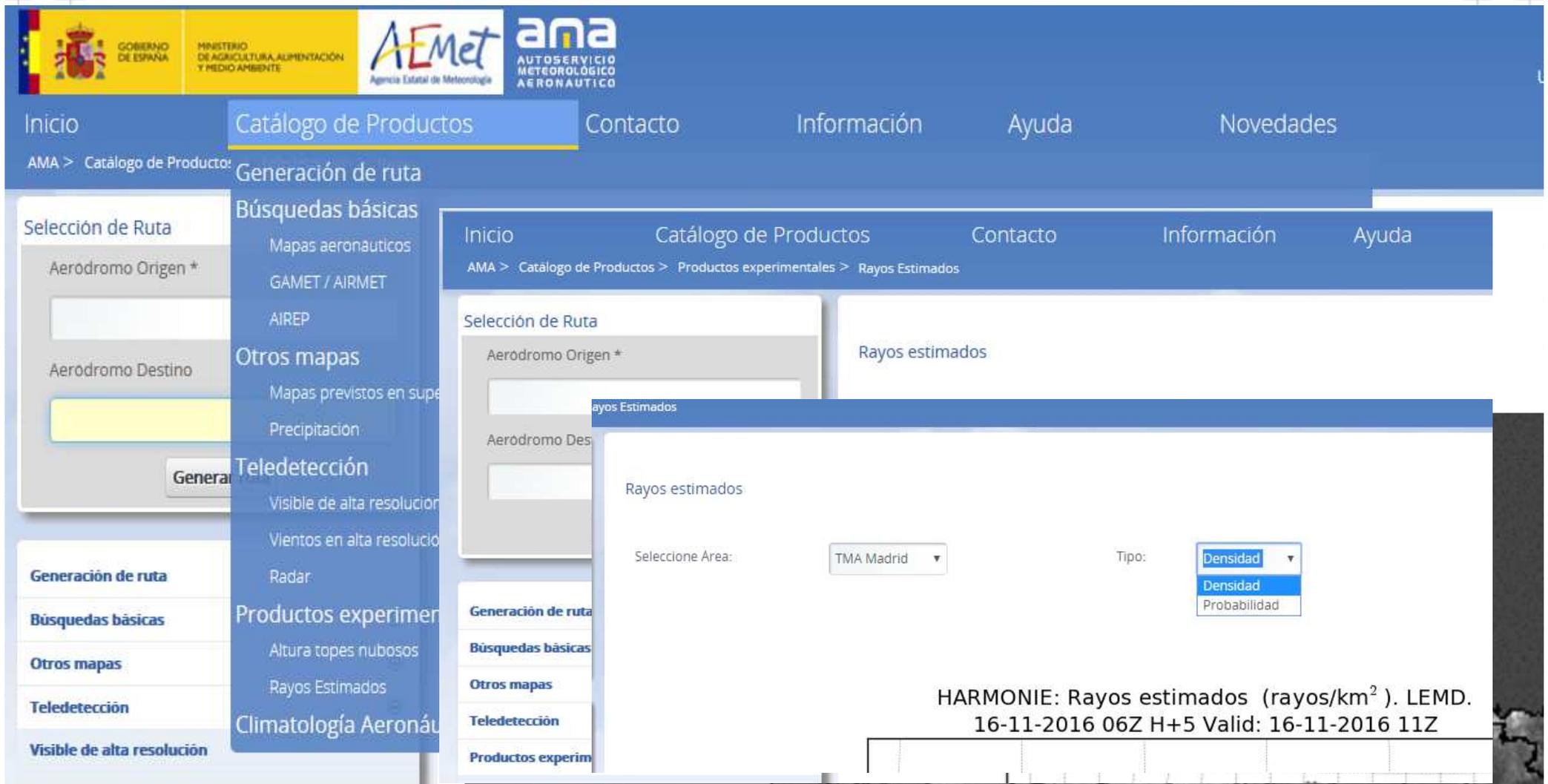
# Producto experimental de rayos basados en HARMONIE



## Estructura del espacio aéreo de España: TMA y CTA



# Producto experimental de rayos basados en HARMONIE



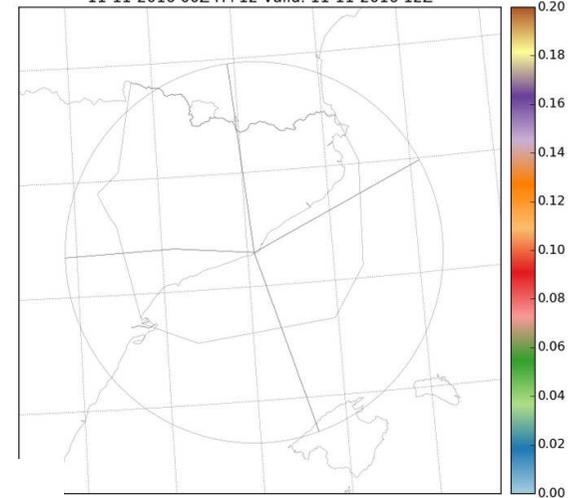
The screenshot shows the AEMet website interface. At the top, there are logos for the Spanish Government and AEMet. Below the logos is a navigation bar with links: Inicio, Catálogo de Productos (highlighted), Contacto, Información, Ayuda, and Novedades. The main content area is titled 'Catálogo de Productos' and contains a sub-menu for 'Generación de ruta'. A dropdown menu is open, listing various products: Mapas aeronáuticos, GAMET / AIRMET, AIREP, Otros mapas, Mapas previstos en superficie, Precipitación, Teledetección, Visible de alta resolución, Vientos en alta resolución, Radar, Productos experimentales, and Climatología Aeronáutica. The 'Productos experimentales' option is selected, leading to a page titled 'Rayos Estimados'. This page has a breadcrumb trail: AMA > Catálogo de Productos > Productos experimentales > Rayos Estimados. It features a 'Selección de Ruta' section with input fields for 'Aeródromo Origen \*' and 'Aeródromo Destino'. Below this, there are controls for 'Selección de Área' (set to 'TMA Madrid') and 'Tipo' (set to 'Densidad'). The main content area displays the title 'Rayos estimados' and a text box with the following information: 'HARMONIE: Rayos estimados (rayos/km<sup>2</sup>). LEMD. 16-11-2016 06Z H+5 Valid: 16-11-2016 11Z'. Below the text box is a grid area, likely for a map or data visualization.

# Producto experimental de rayos basados en HARMONIE

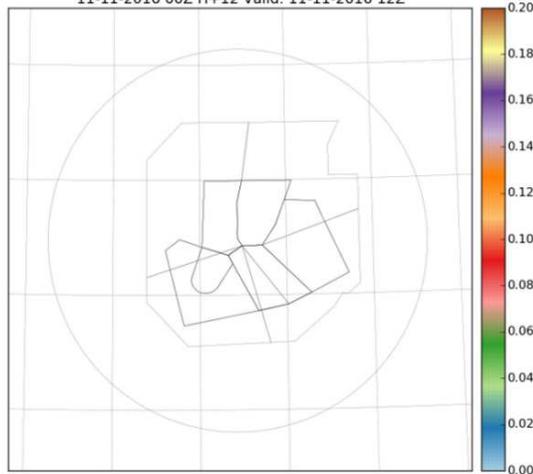
```

WWSP ACT LEBL 16051301:00 VAL 780M
LEBL WWTS 1 VALID 130100/131400
LEBL 1000/1100 PROB80 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1000/1100 TMA NE PROB80 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1100/1200 PROB100 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1100/1200 TMA NE PROB100 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1100/1200 TMA SE PROB40 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1100/1200 TMA NW PROB100 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1200/1300 PROB100 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1200/1300 TMA NE PROB100 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1200/1300 TMA SE PROB80 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1200/1300 TMA NW PROB100 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1300/1400 PROB100 TS RAYOS/HORA 100-1000
LEBL 1300/1400 TMA NE PROB100 TS RAYOS/HORA 100-1000
LEBL 1300/1400 TMA SE PROB40 TS RAYOS/HORA 100-1000
LEBL 1300/1400 TMA NW PROB100 TS RAYOS/HORA 100-1000
    
```

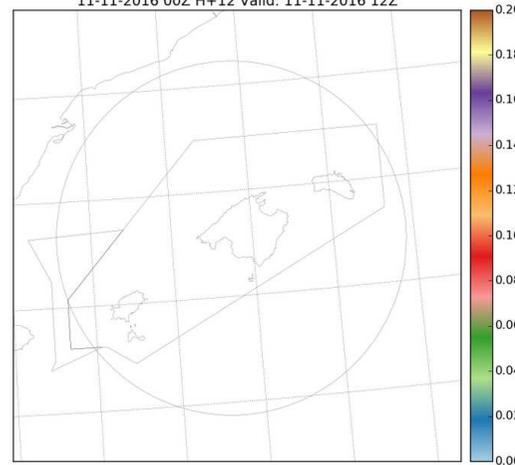
HARMONIE: Rayos estimados (rayos/km<sup>2</sup>). LEBL.  
11-11-2016 00Z H+12 Valid: 11-11-2016 12Z

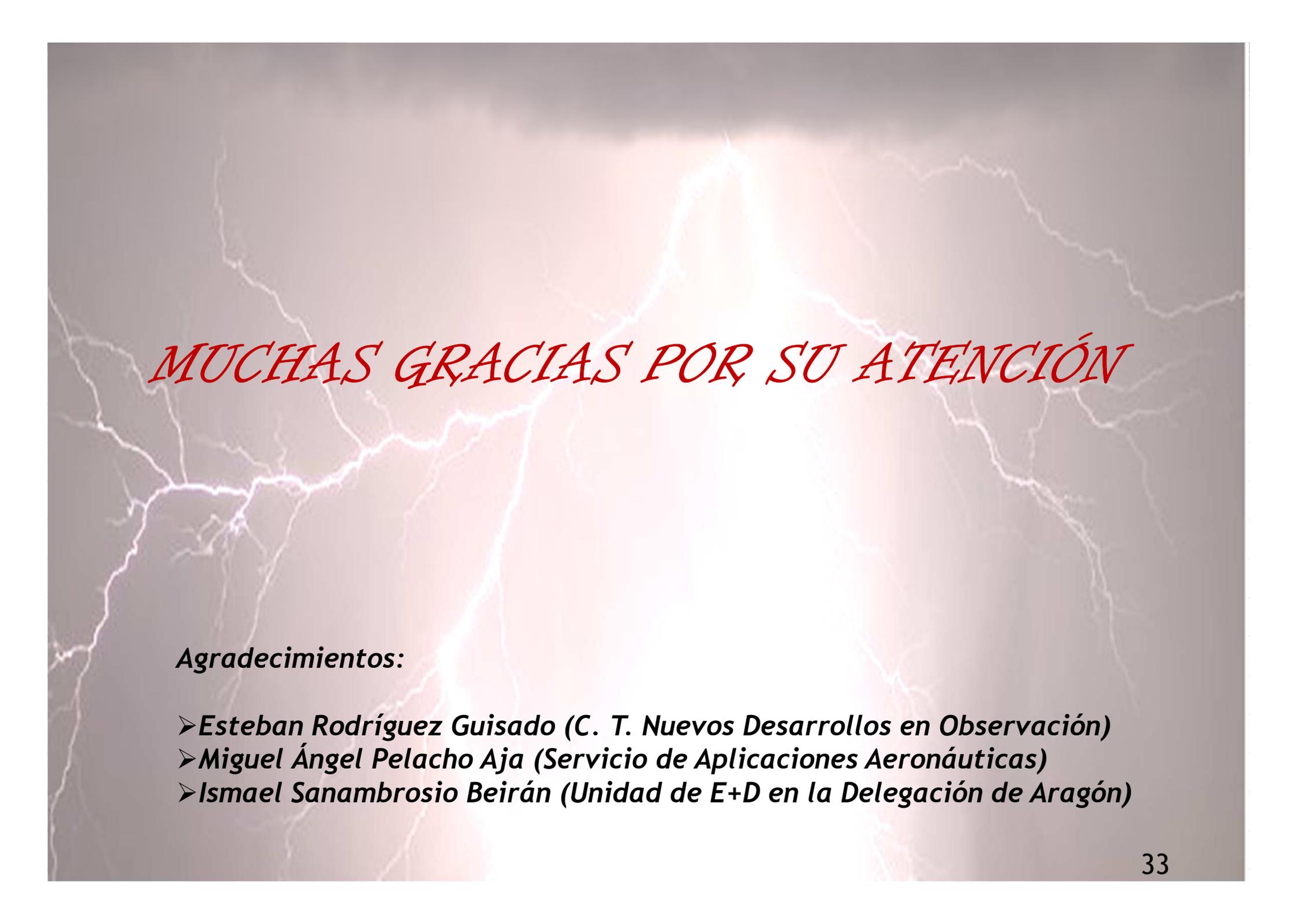


HARMONIE: Rayos estimados (rayos/km<sup>2</sup>). LEMD.  
11-11-2016 00Z H+12 Valid: 11-11-2016 12Z



HARMONIE: Rayos estimados (rayos/km<sup>2</sup>). LEPA.  
11-11-2016 00Z H+12 Valid: 11-11-2016 12Z





*MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN*

**Agradecimientos:**

- **Esteban Rodríguez Guisado (C. T. Nuevos Desarrollos en Observación)**
- **Miguel Ángel Pelacho Aja (Servicio de Aplicaciones Aeronáuticas)**
- **Ismael Sanambrosio Beirán (Unidad de E+D en la Delegación de Aragón)**