



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

**AEMet**  
Agencia Estatal de Meteorología

# VIGILANCIA Y NOWCASTING

## Singularidades del Nowcasting

### PIB-M

Luis M<sup>a</sup> Bañón Peregrín

AEMET

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

## Día D-1, a las 10h:

-Buenas, soy la concejala de cultura de Yecla. Mañana tenemos un acto importante al aire libre. El acto empieza a las 22 h y durará unas 2 horas, y habrá 400 invitados.

-¿Puede decirme cómo estará el tiempo?

-El recinto se puede techar, pero desluciría mucho el acto. Además, se tardan casi 30 minutos en techarlo.



- Buenas, la recuerdo del año pasado.
- Déjeme echar un vistazo a la predicción.



# Predicción, el D-1, para el D

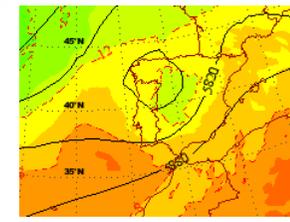
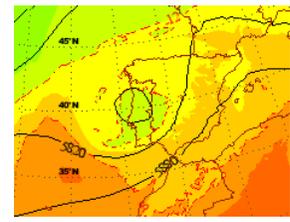
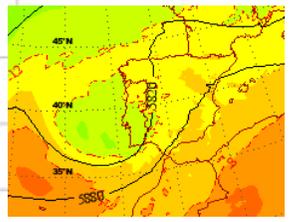
12 h

15 h

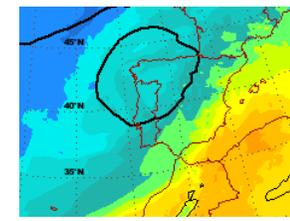
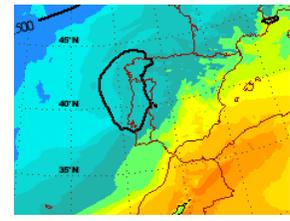
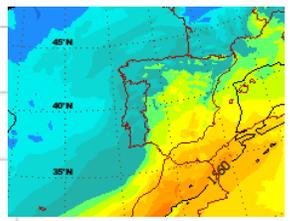
18 h

21 h

24 h

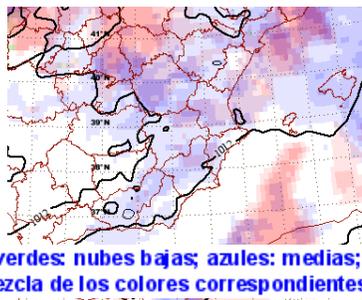
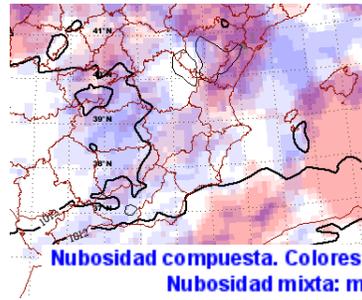
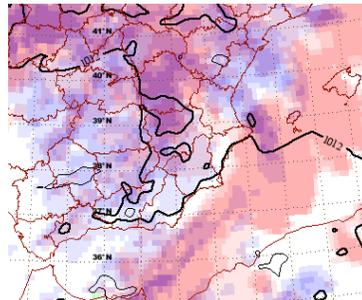
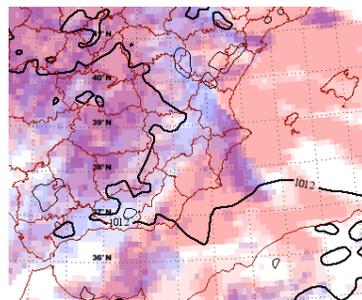


500 hPa



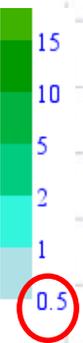
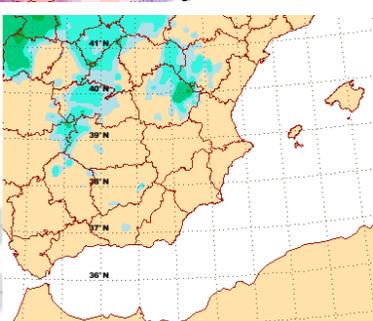
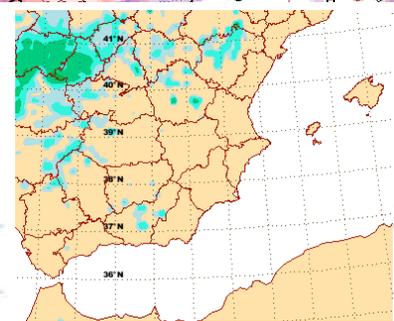
850 hPa

Nubes  
CE



Nubosidad compuesta. Colores verdes: nubes bajas; azules: medias; rosas: altas  
Nubosidad mixta: mezcla de los colores correspondientes

Pcp  
CE 3-



0.5

- Bueno, la situación es algo inestable, con abundante nubosidad a esas horas, sin descartar algún chubasco por la zona, aunque no parece muy probable.
- Desgraciadamente, no es posible concretar hoy dónde, exactamente, se desarrollarían.
- Por favor, llámeme mañana por la mañana y veremos si la predicción ha cambiado”



## Día D, a las 10h:

- Buenas, soy yo de nuevo
- ¿Cómo ve la situación?
- ¿Cree usted que lloverá?
- ¿Habrá que techar?



-Déjeme echar un vistazo a la actualización de la predicción.



# Predicción, el día D, para el día D

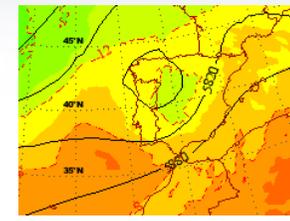
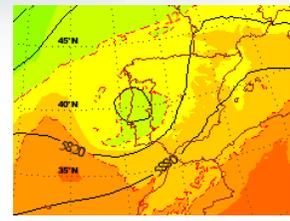
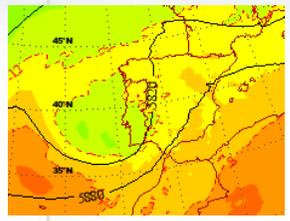
12 h

15 h

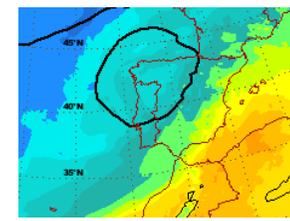
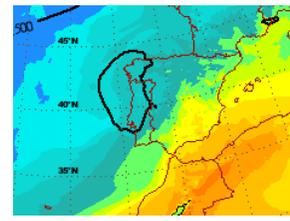
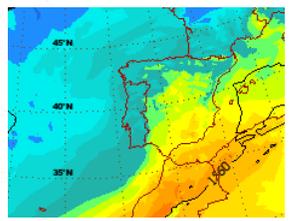
18 h

21 h

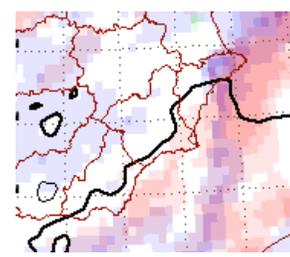
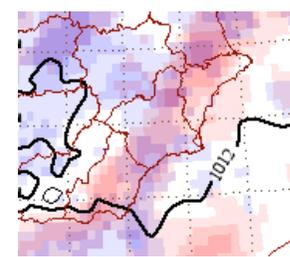
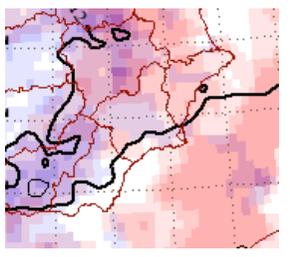
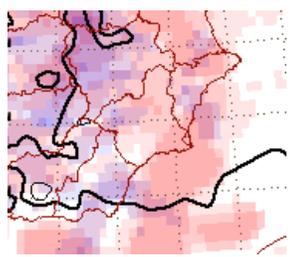
24 h



500 hPa



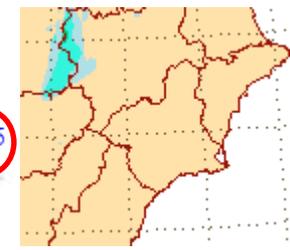
850 hPa



Nubes  
CE



Pcp  
CE 3-

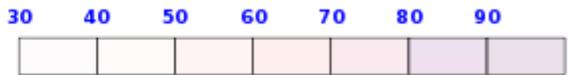
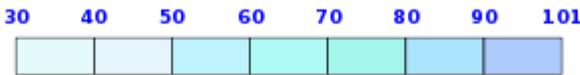
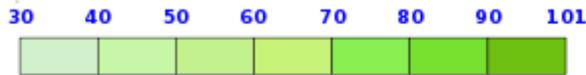
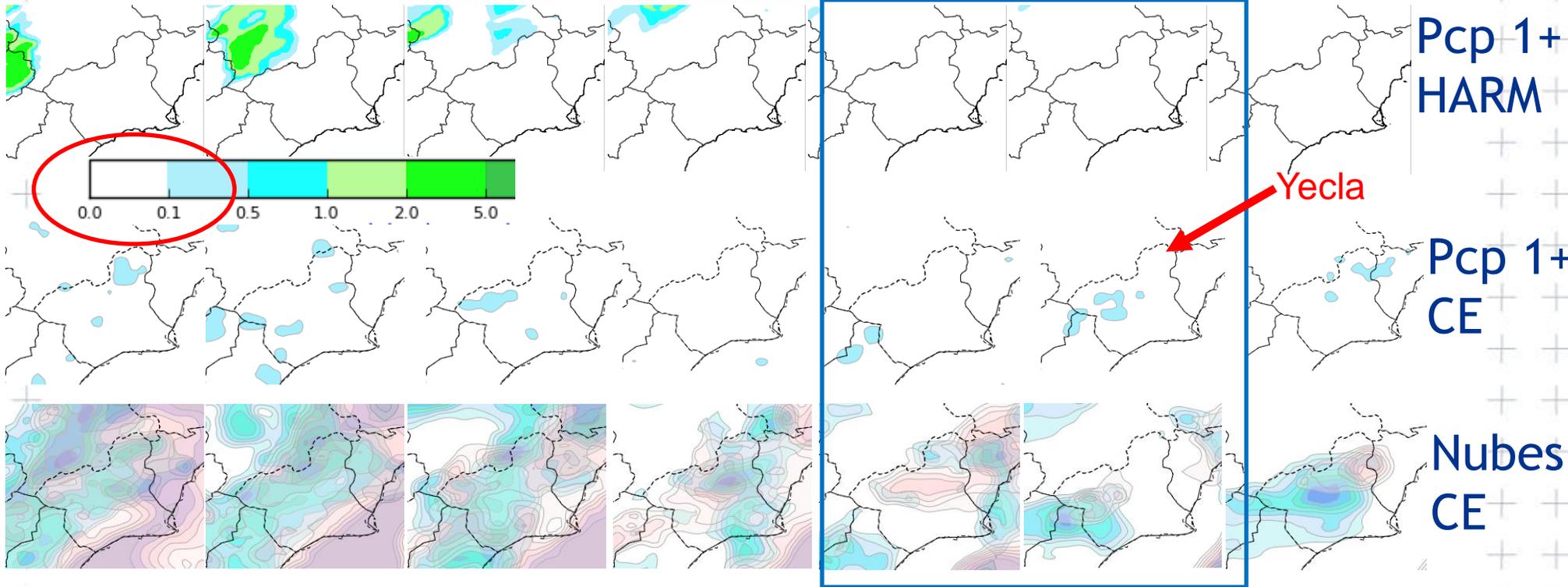


Pcp  
Harm 3-



# Predicción, el día D, para el día

18 h 19 h 20 h 21 h 22 h 23 h 24 h



-Bueno, pasará una banda frontal entre las 19 y 22 horas, sin descartar alguna precipitación débil a su paso.

-Parece que, cercano el final del acto, volverían a formarse nubes que podrían dejar alguna precipitación débil.

-Desgraciadamente, aún no es posible concretar si afectarán al acto.

-Por favor, llámeme una hora antes del evento y sabremos donde está la nubosidad mas activa, y hacia dónde se dirige.



-Hola. La ceremonia empieza en una hora.

-Hemos visto pasar unas nubes negras, pero no ha llovido. Ahora parece que clarea.

-¿Cree que podremos celebrar el acto sin techo, o todavía hay posibilidad de lluvia?



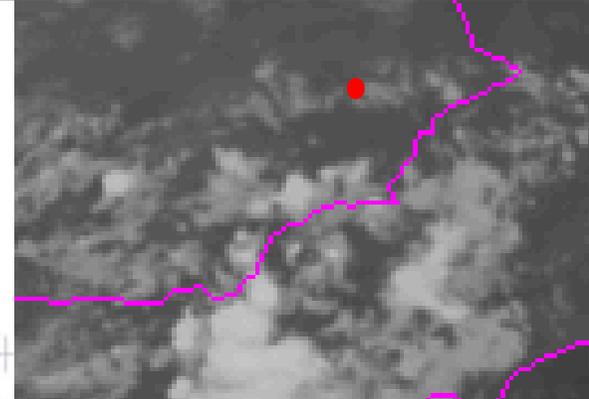
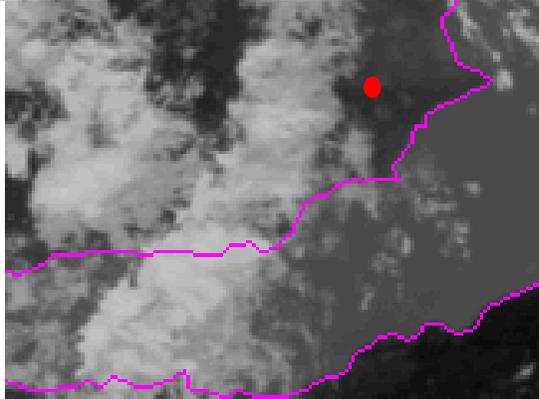
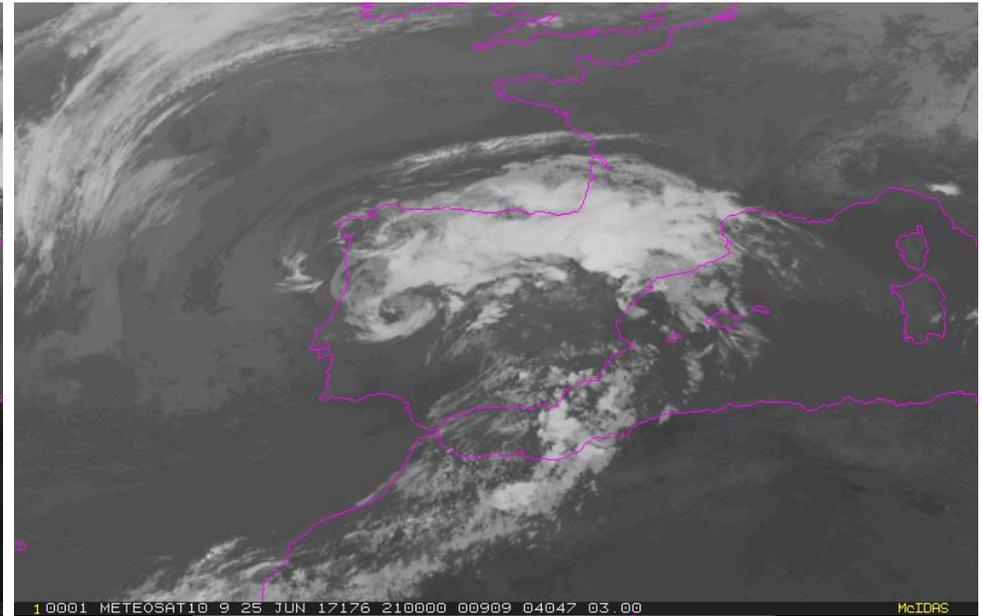
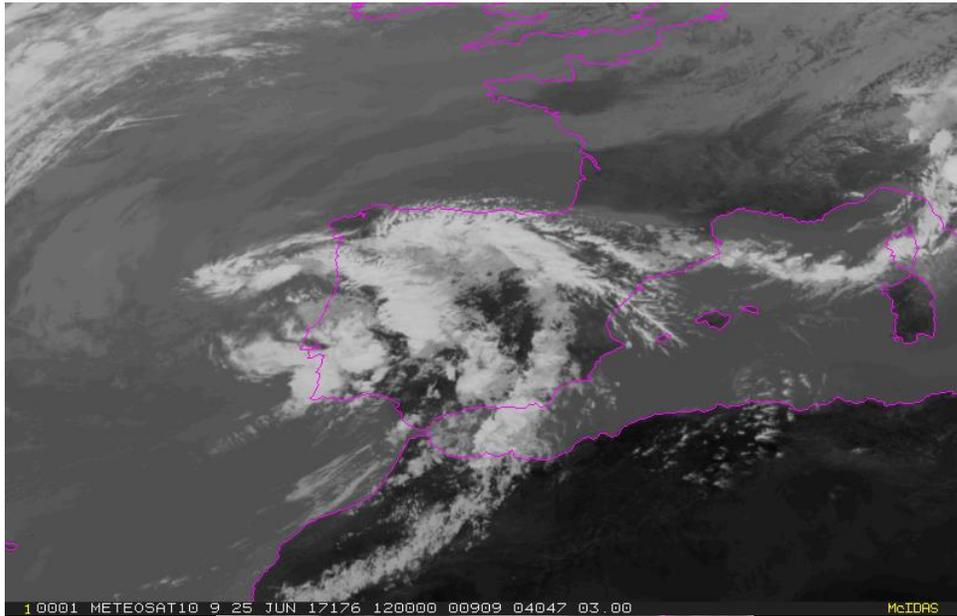
Día D, a las 21 h:

-Déjeme echar un vistazo a los sistemas de observación intensivos para ver lo que está pasando, e inferir lo que podría pasar en la siguiente 1 a 3 horas.

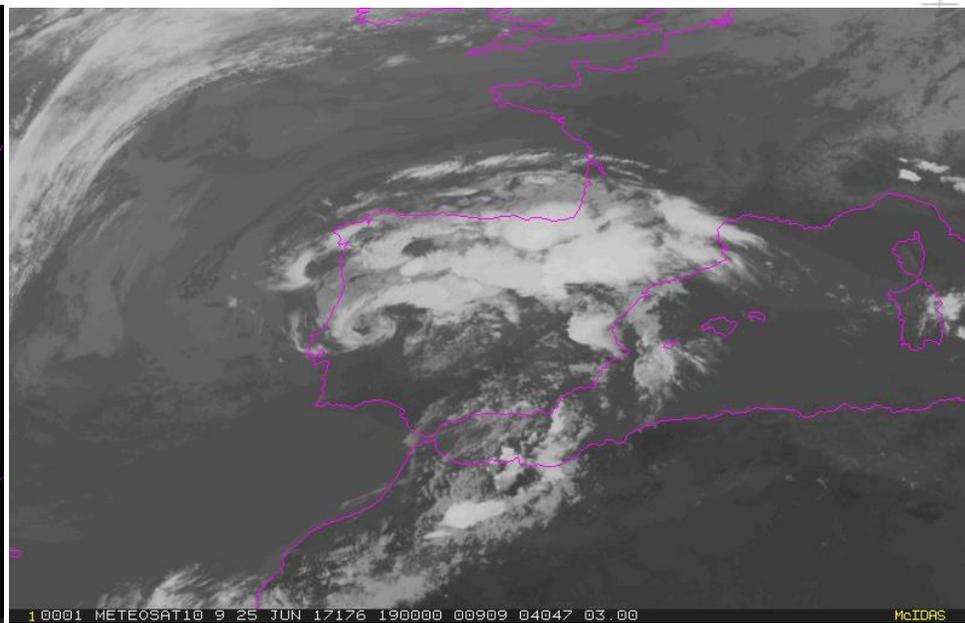
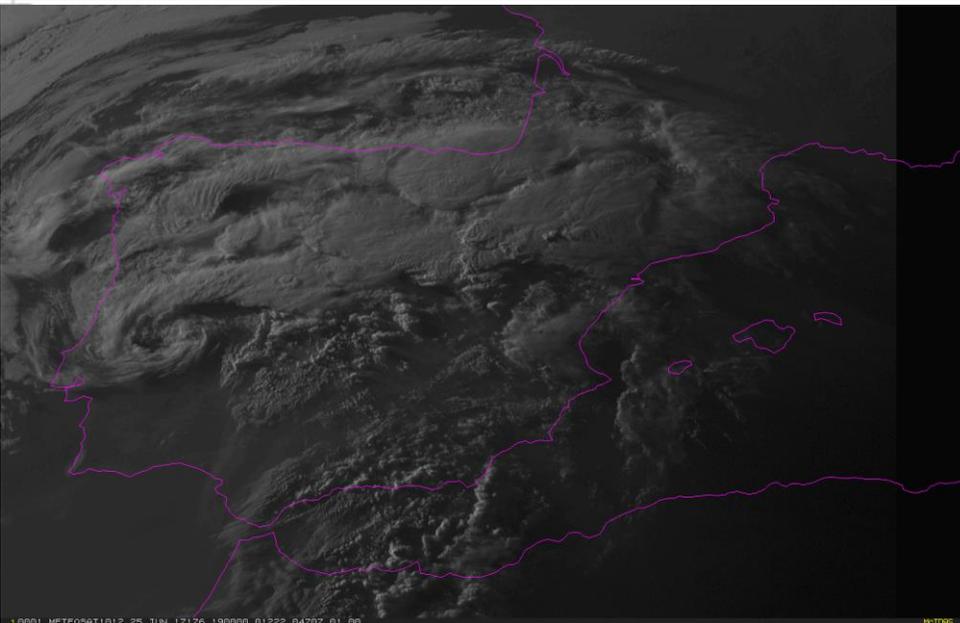
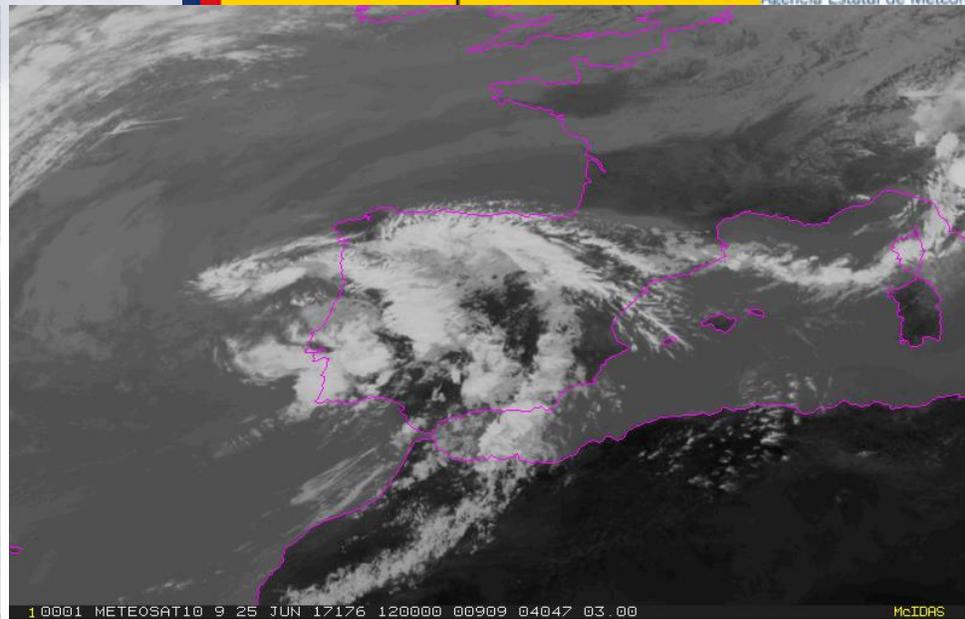
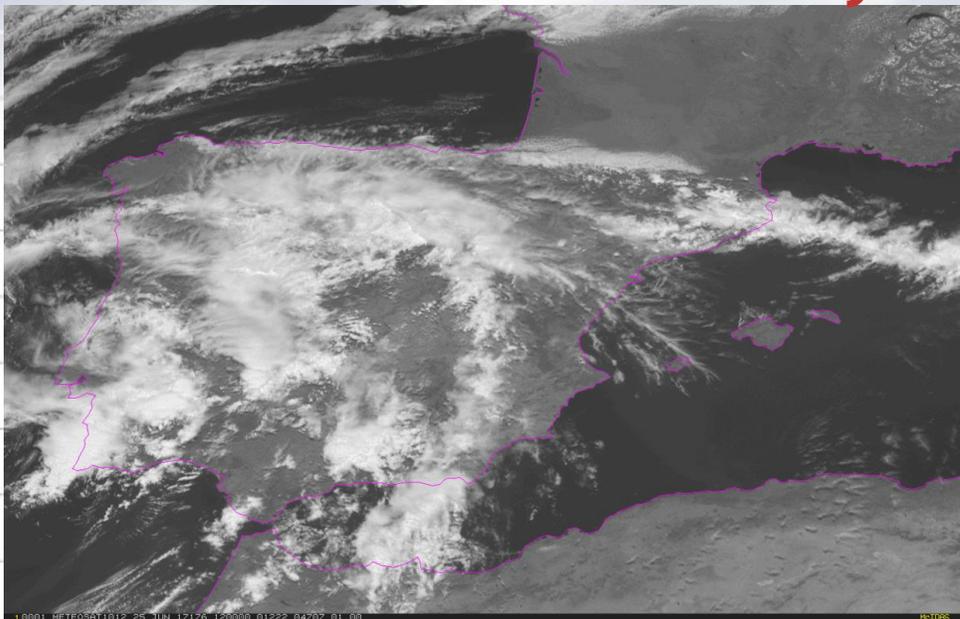


# Secuencia entre 12 y 21 h

# 21 h

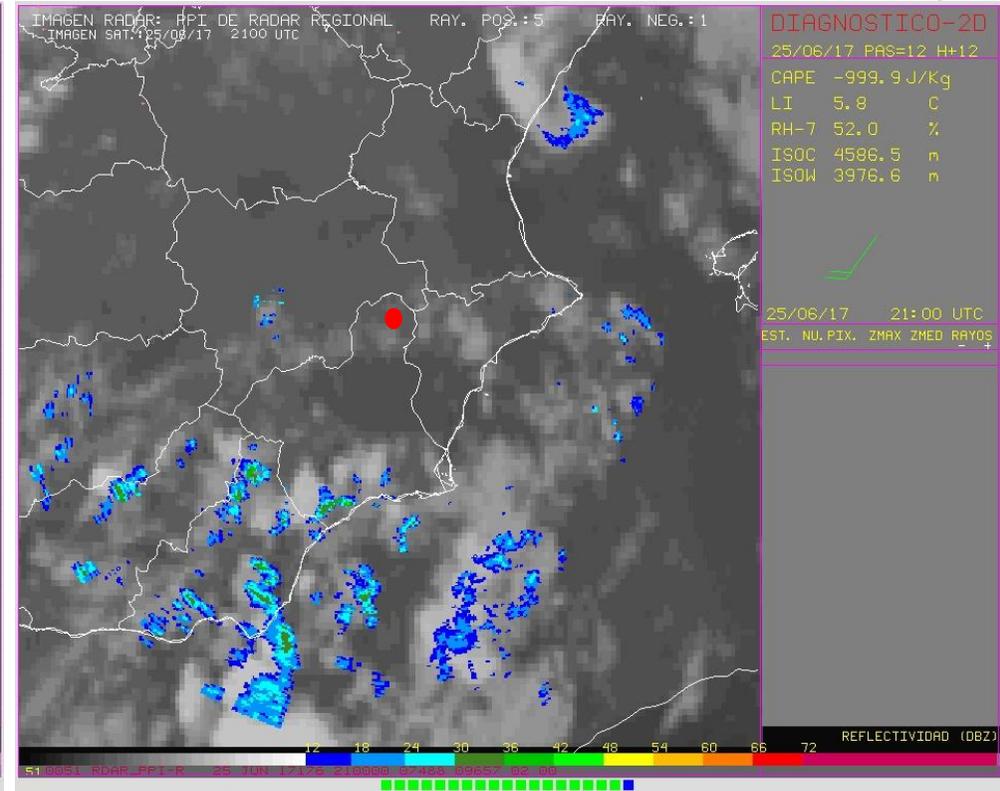
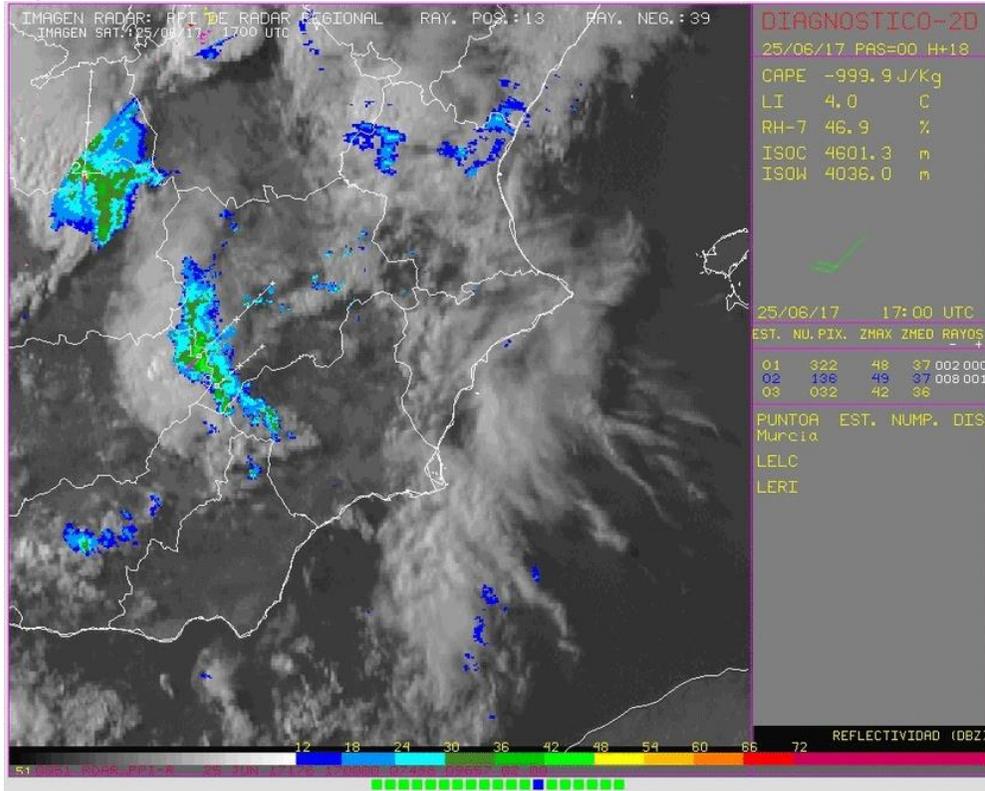


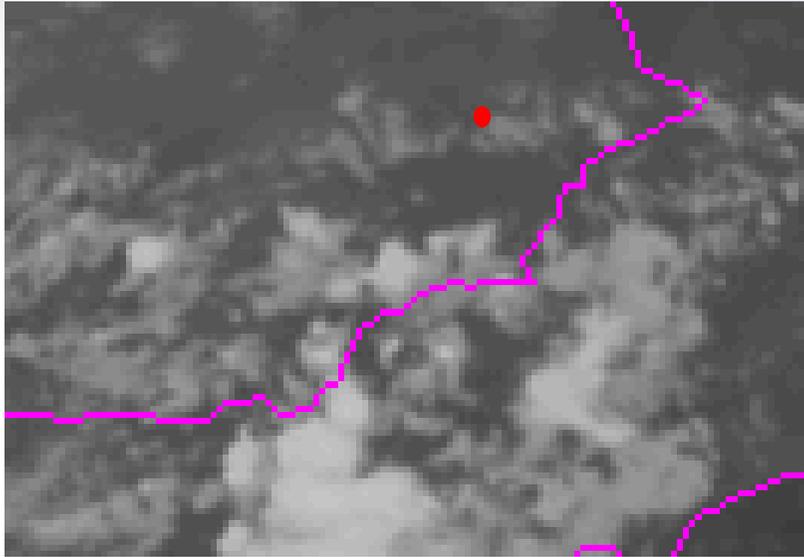
# Secuencia entre 12 y 19 h



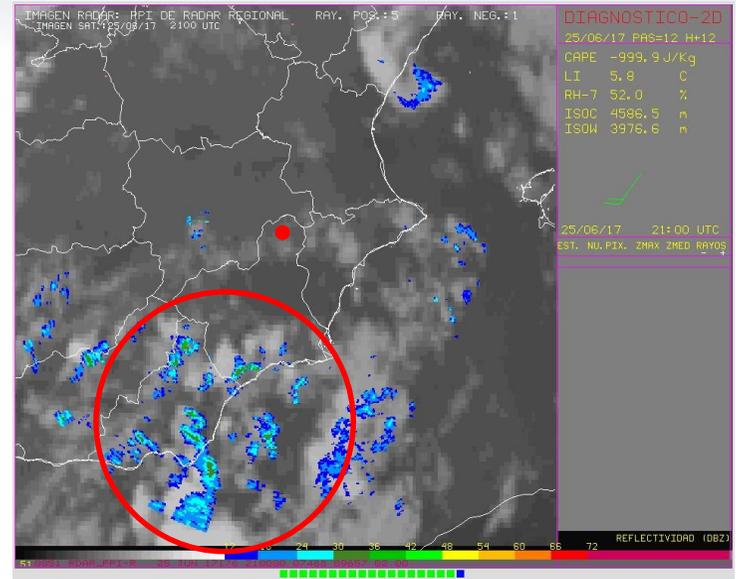
# Secuencia entre 17 y 21 h

# 21 h





21 h

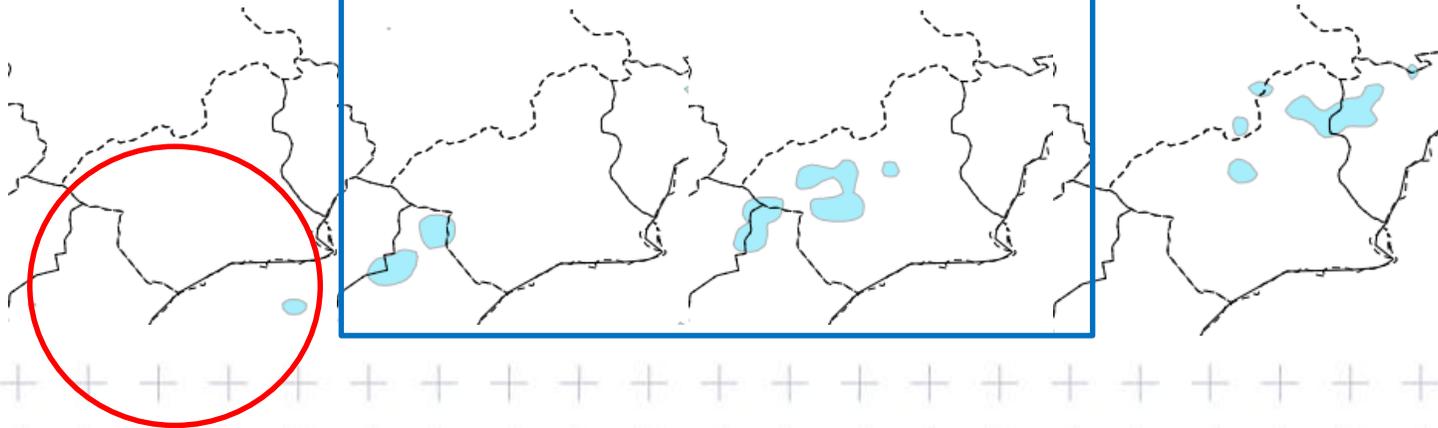


21-22 h

22-23 h

23-24 h

24-01 h



Pcp  
CE

-Bueno, me temo que la nubosidad que le dije esta mañana que podría afectar a Yecla hacia el final del acto se está adelantando respecto a lo indicado por los modelos.

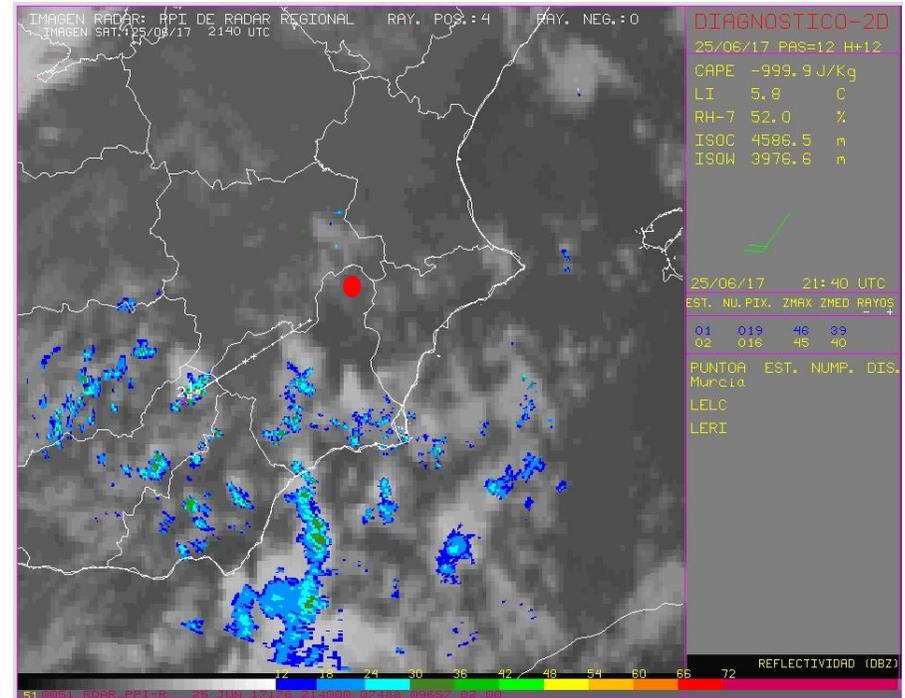
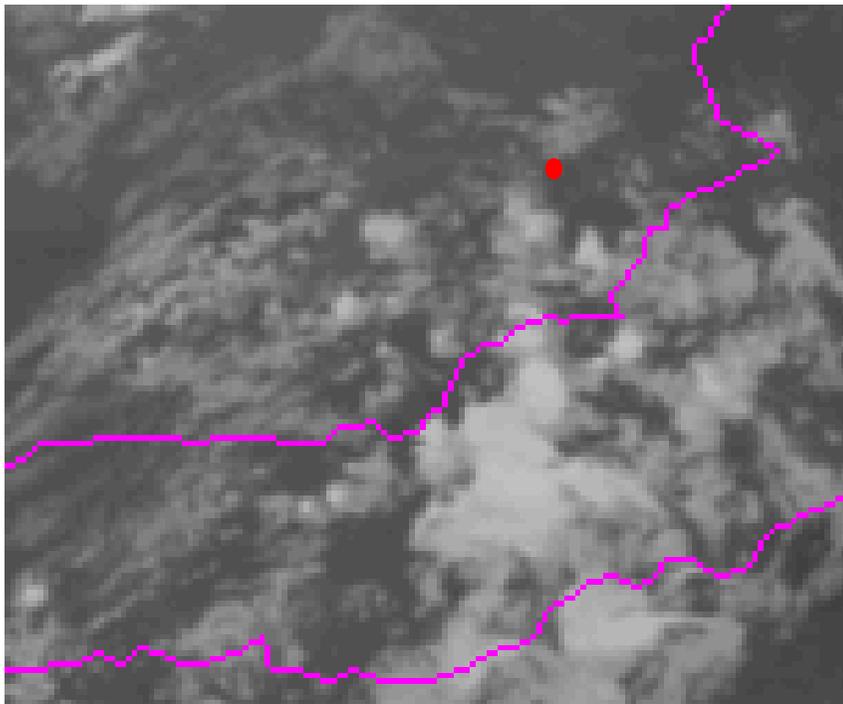
-Aunque las cantidades de precipitación sean escasas, parece posible que afecten a la zona de Yecla hacia la segunda mitad del acto.

-No descarte tener que echar el techo. Hablamos en 30-40 minutos y le confirmo.



21:45 h

21:40 h



# Día D, a las 21:45 h:

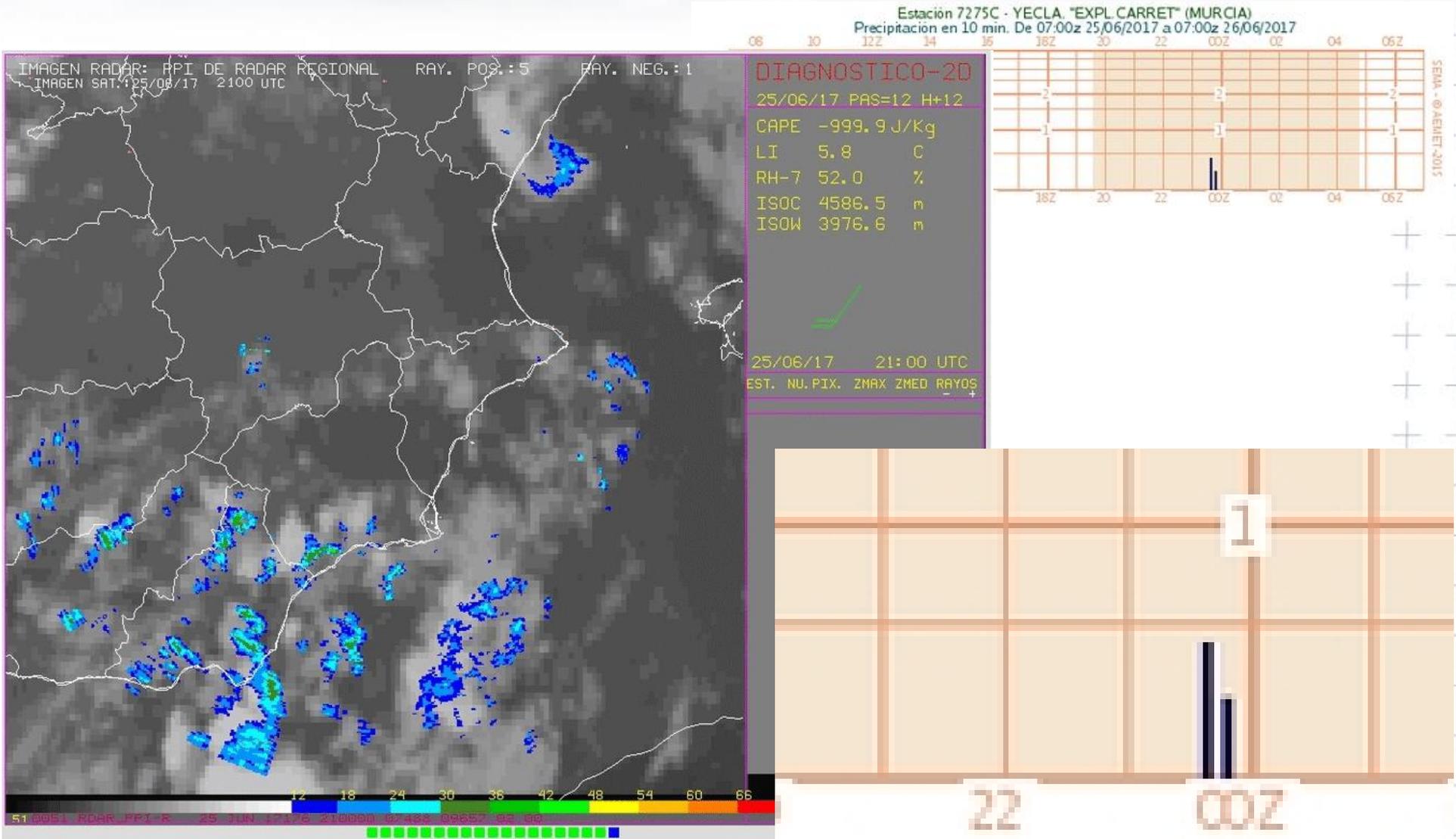
-Hola de nuevo.

-Hay actividad convectiva en una zona que se dirige hacia Yecla, por lo que consideramos probable que en la próxima 1 a 3 horas se registre alguna precipitación débil.

-Aunque desluzca el evento, cubriremos el recinto.  
Su información ha sido de gran ayuda. Gracias.

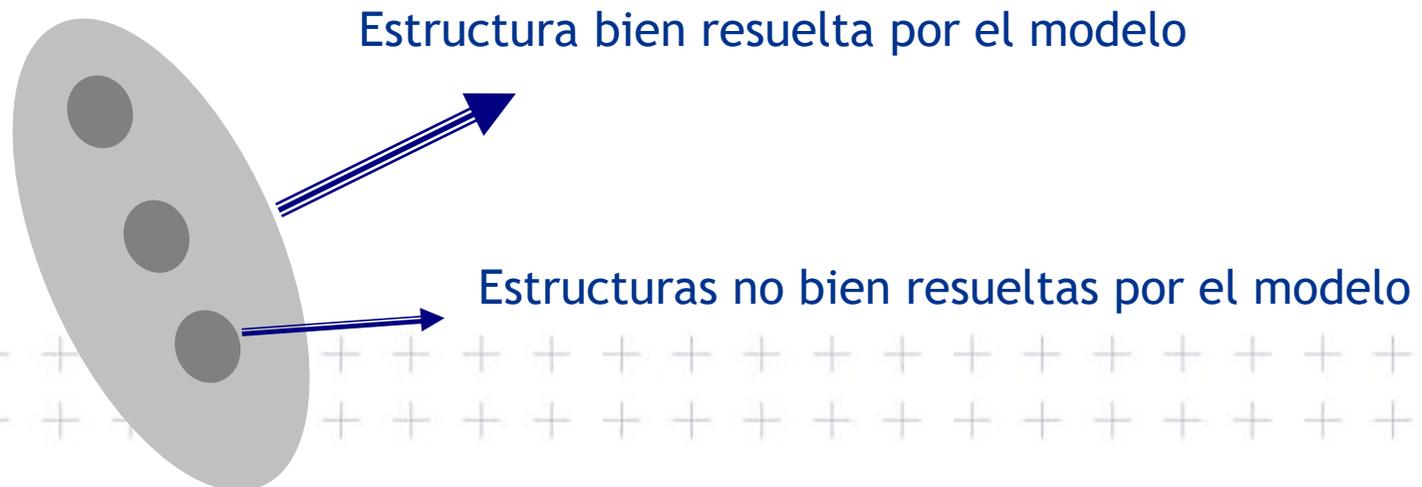


Personajes e idea de: [http://www.eumetrain.org/resources/nowcasting\\_cal.html](http://www.eumetrain.org/resources/nowcasting_cal.html)



## Conclusiones del ejemplo

- En determinados rangos de predicción, el **contacto directo** con el usuarios es imprescindible
- Hay usuarios vulnerables **no solo al tiempo severo**
- Las estructuras meteorológicas mesoescalares más amplias son bien resueltas por el **modelo**
- Las más pequeñas no. Su predicción basada en la **observación intensiva**



# Problemas parecidos:

- ¿A qué hora se inicia la convección?
- ¿Cómo de severa es la tormenta?
- ¿A qué hora se disipa/comienza la niebla?
- ¿Cómo evoluciona la nubosidad en la próxima hora?
- ¿Helará en las próximas dos horas?
- ¿Tendencia en el METAR?
- ...

# INDICE

- Requerimientos del muy corto plazo
  - Observación
  - Análisis
    - Diagnóstico
  - Predicción
    - Modelos conceptuales
    - Herramientas
  - Difusión
- La vigilancia meteorológica: decálogo

- En la atmósfera hay gran variedad de escalas meteorológicas

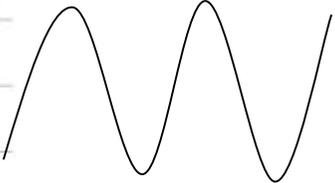
  $\Delta X \sim \Delta t$

Predicción  $f(\Delta X, \Delta t)$

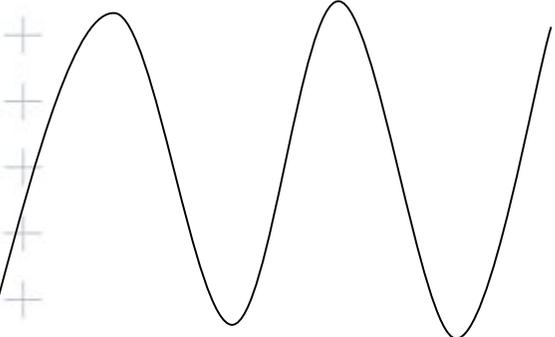
- Nowcasting (primeras h)
- Muy corto plazo (0-12 h)
- Corto plazo (12-48 h)
- Plazo medio (D+3 - D+10)

• ...

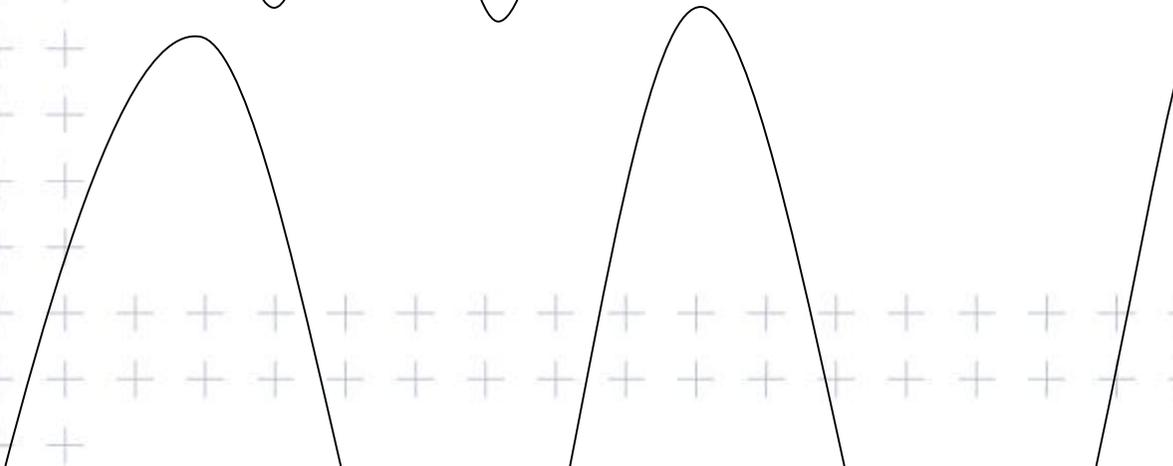
- Sistema observación
- Método de análisis
- Método de predicción
- Medio de difusión

  $\Delta X \sim \Delta t$

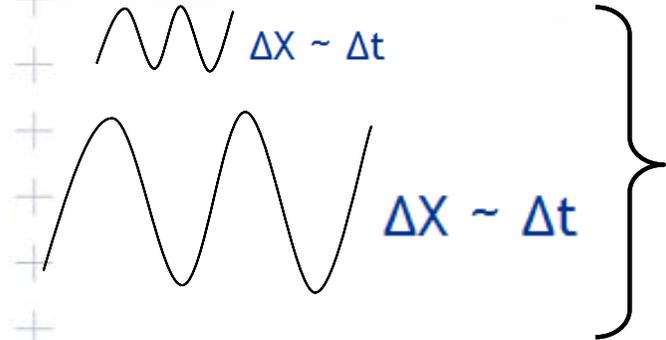
$\Delta X \sim \Delta t$



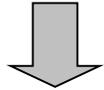
$\Delta X \sim \Delta t$



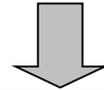
- En la atmósfera hay gran variedad de escalas meteorológicas



NWC (primeras h) y VSRF (hasta 12h)



- Mesoscala o menor
- Predicción local o comarcal
- Gran detalle X, t



1. Sistema observación
2. Método de análisis
3. Método de predicción
4. Medio de difusión



# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

1. Sistema observación
2. Método de análisis
3. Método de predicción
4. Medio de difusión

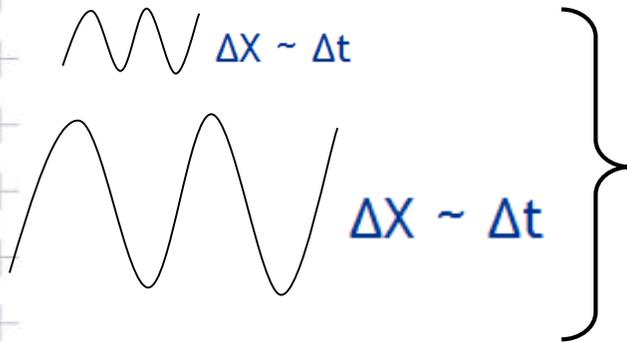
DIMENSIONADOS al X-t del fenómeno objeto

## Problemas de usar los sistemas y métodos del corto y medio plazo

- **Sistema observación:** algunas estructuras pasan inadvertidas
- **El análisis e inicialización:** suavizan, e incluso eliminan o filtran
- **El modelo numérico**
  - Parametriza insuficientemente los fenómenos sub-malla
  - Resolución (HARMONIE 2.5km)
  - Disponibilidad de los resultados (varias horas después del análisis)
  - Spin-up.
- **Difusión:** lenta y pasiva

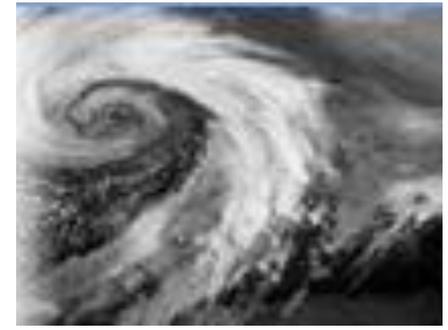
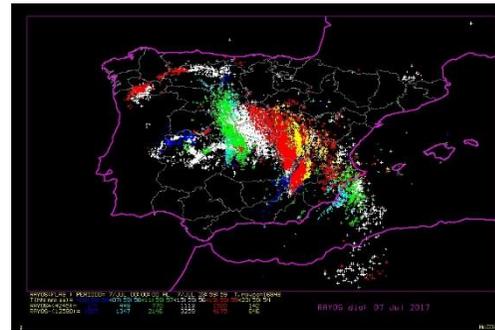
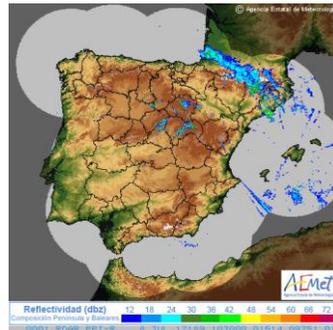
# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 1. Sistema observación



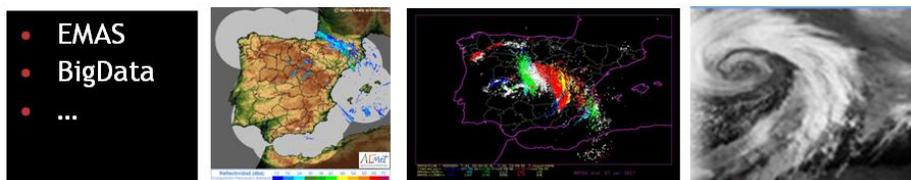
OBSERVACIÓN INTENSIVA (X=Kms, t=minutos)

- EMAs
- Crowd-sourcing
- ...



# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 2. Método de análisis. Detalle de lo que está pasando

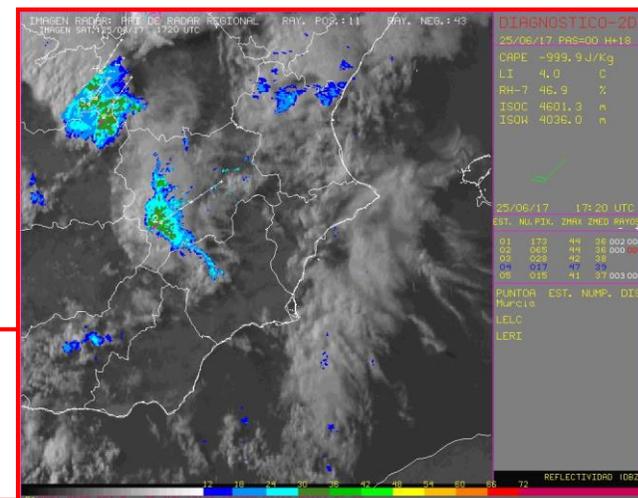


Gran cantidad de datos

Análisis previo a la predicción

- Sistemas de **concentración** y procesamiento
- **Integración** de diferentes fuentes de datos

Análisis mesoescalar

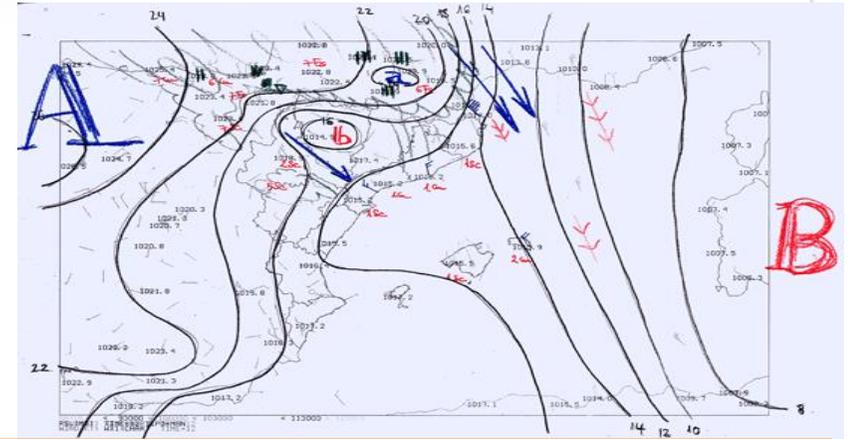


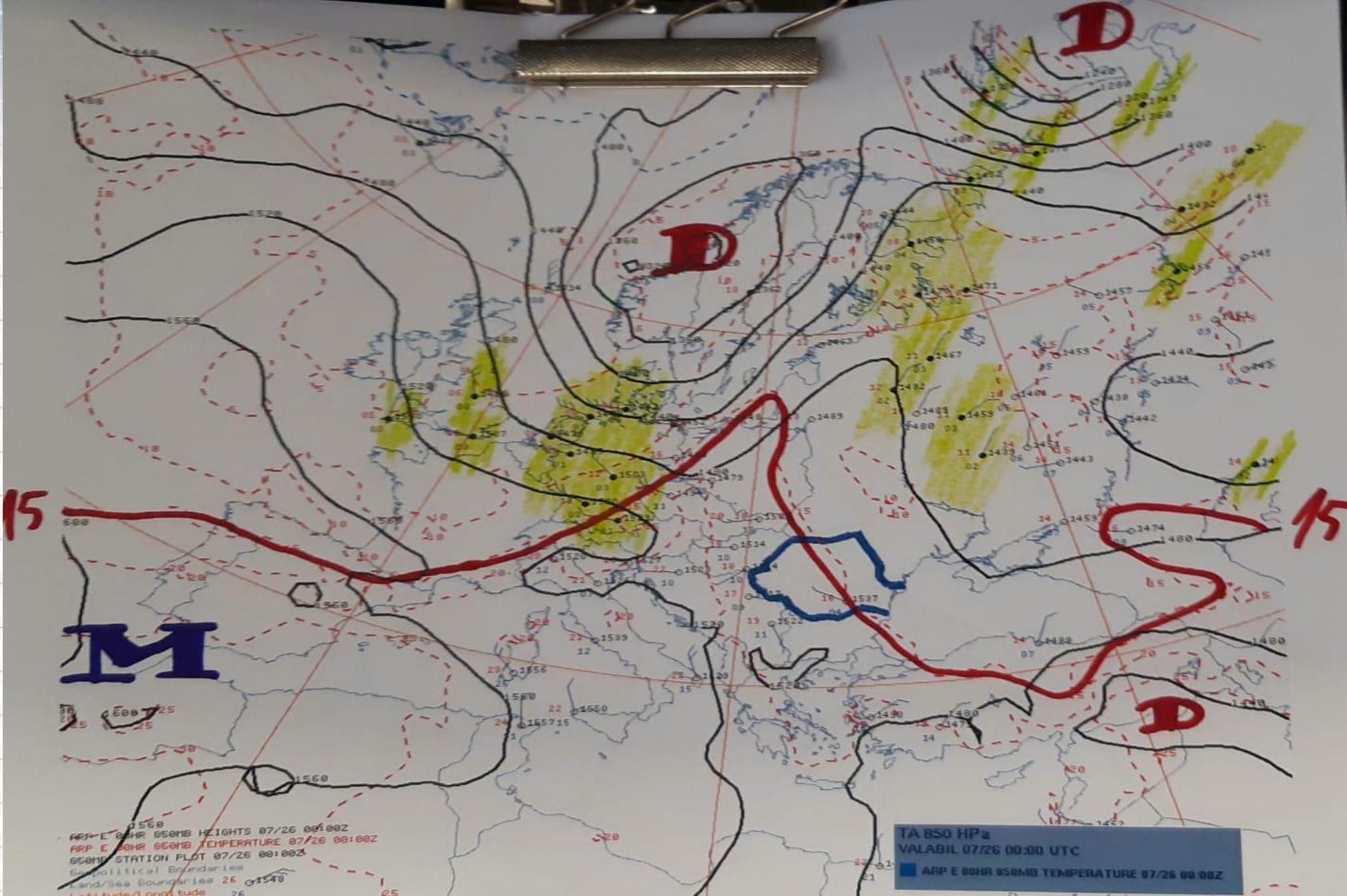
# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 2. Método de análisis

### Dos aspectos del análisis:

- I. Para capturar las estructuras mesoescalares
  - Objetivo: para inicializar modelos (Harmonie-Arome)
  - Subjetivo: como herramienta de diagnóstico mesoescalar
- II. Parámetros meteorológicos a partir de teledetección
  - Significación meteorológica (obtener precipitación de Z, ...)
  - Tradicionalmente, interpretación subjetiva y cualitativa
  - Actualmente, también cuantitativa (datos asimilados NWP, NWCSAF)





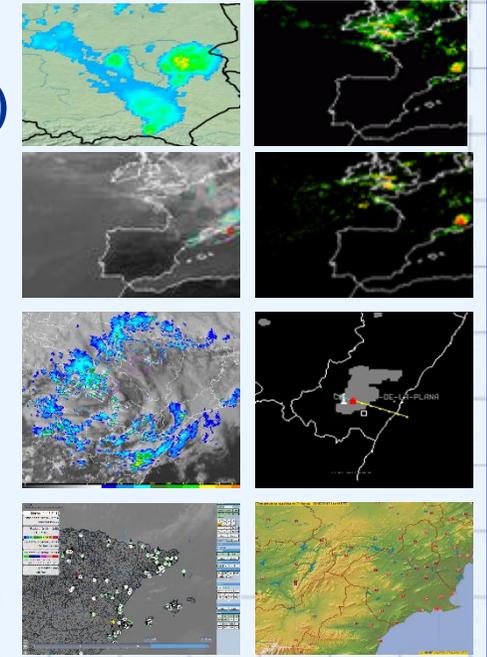
Análisis objetivo de T850 en el SM de Rumanía 26 julio 2022, resaltando zonas de interés.

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 2. Método de análisis (+diagnóstico)

¿Dónde y cuánto está lloviendo?

- Métodos basados en satélite (RapidScan)
  - Hidroestimadores (Pcp rate by GEO/IR + LEO/MW)
  - NWCSAF: CRPh, RDT, PC, PCPh, CRR
- Métodos basados en radar
  - Relación Z/R. Ajuste con EMAs. Polarimétricos
  - Diagnóstico 3D (prob. granizo)
- Métodos basados en radar+satélite+rayos...
  - VISOR, Diagnóstico 2D
- Métodos basados en EMAs: SEMA, VISOR,...

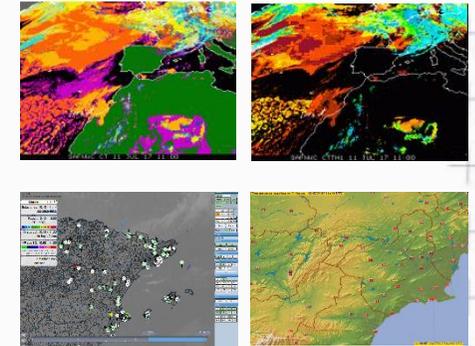


# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 2. Método de análisis

¿Dónde y cómo está la niebla?

- Métodos basados en satélite
  - NWCSAF: [CT](#), CTTH, [GOES \(snow-fog\)](#)
- Métodos basados en EMAs:
  - VISOR, SEMA
- Webcams (VISOR)
- Colaboradores (A)



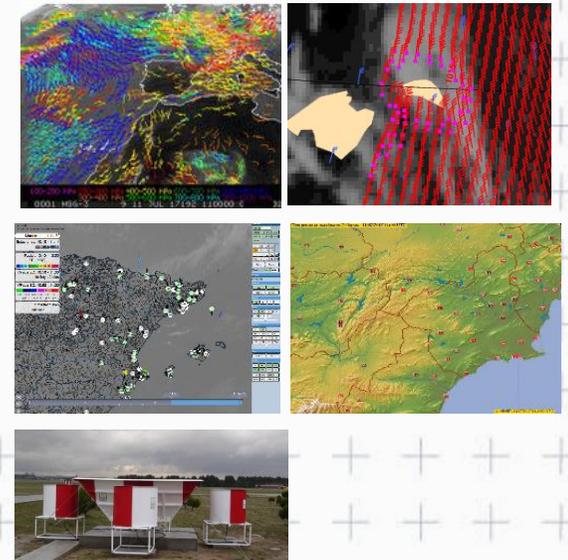
# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 2. Método de análisis

¿Qué viento sopla?



- Medidos desde satélite
  - NWCSAF: HRW (nubes)
  - Dispersómetros (sobre el mar  $\approx$  3h de retraso)
- Medidos con radar
  - Doppler (capas bajas)
- Medidos (o lanzados) desde el suelo:
  - EMA (10 m), LIDAR (3000 metros), SONDEOS

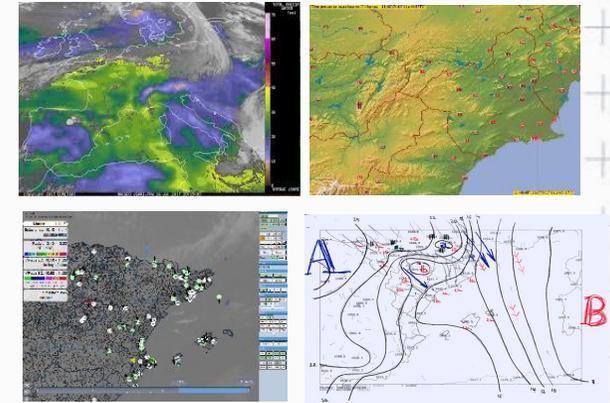
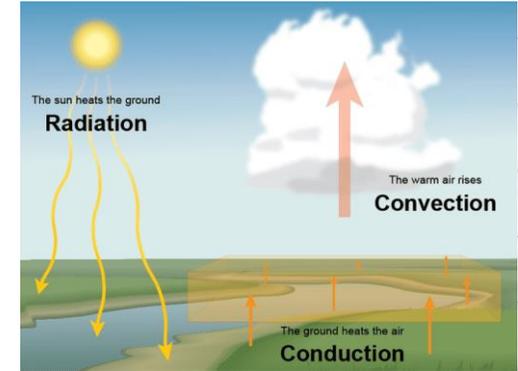


# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 2. Método de análisis

¿Humedad e inestabilidad?

- Medidos desde satélites
  - NWCSAF: [iSHAI](#). Con [GOES](#)
- Medidos (o lanzados) desde el suelo:
  - EMA
  - Sondeos



# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 2. Método de análisis

¿Dónde hay tormenta?

- Medidos desde satélites
  - Futuro detector en MTG. [GLM de GOES](#)
- Medidos en superficie
  - Detector de descargas



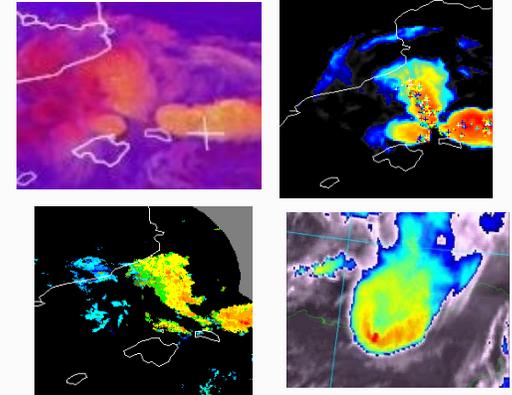
# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 2. Método de análisis, casi diagnóstico

¿Severidad en la convección?



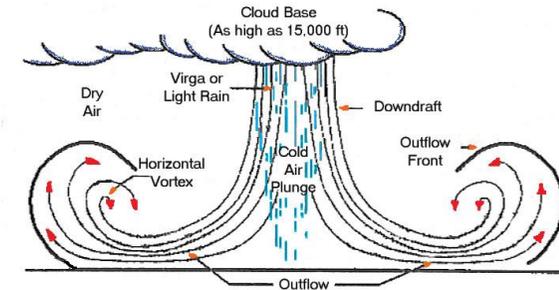
- Métodos basados en satélite
  - RGB convección , CGW , RDT
- Métodos basados en radar:
  - Ecotop, Z
- Método basado en rayos:
  - Evolución de descargas (lightning jump)



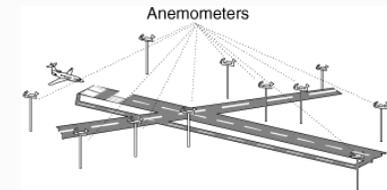
# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 2. Método de análisis, casi diagnóstico

¿Dónde hay cizalladura del viento?



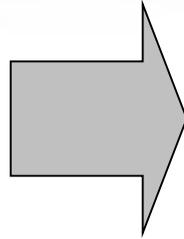
- Métodos basados en obs. en superficie,
  - EMAs
  - LLWAS
- Métodos basados en obs. en altura:
  - Terminal Doppler Weather Radar (TDWR)
  - Sonic Detection and Ranging (SODAR)



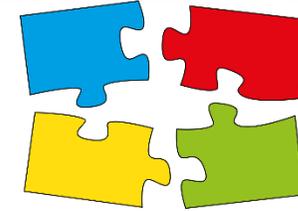
# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

2. Análisis

3. Predicción



DIAGNÓSTICO



1º Paso para la predicción: descripción detallada de la atmósfera



Modelos



Predictor

Parte de un análisis objetivo: separación de una situación en sus partes componentes.

Caja negra

Parte de un diagnóstico: *identificación de estructuras meteorológicas en los análisis y datos de que se dispongan. Análisis crítico (Doswell 1989).*

¿Cómo? Con análisis, datos, ciencia y mod. conceptuales

Objetivo: modelo mental 3D de la atmósfera

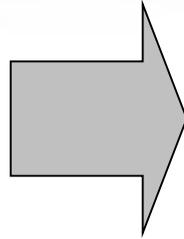
1º diagnóstico sinop, 2º diagnóstico meso, 3º...



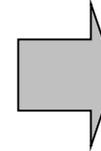
# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

2. Análisis

3. Predicción



DIAGNÓSTICO



VIGILANCIA

Modelo mental 3D

Modelo mental 4D



# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo



**VIGILANCIA:** proceso de **diagnóstico continuado** en el tiempo que hace uso de todos los datos disponibles y que tiene por objeto el desarrollo de un modelo mental 4D del estado de la atmósfera y de las estructuras de mesoescala que en ella se desarrollan

## HERRAMIENTAS PARA LA VIGILANCIA

- Observación intensiva (resuelta por la tecnología)
- Ciencia meteorológica
- **Modelos conceptuales:** conocimiento de los sistemas meteorológicos mesoescalares (o inferiores), así como de sus mecanismos físicos

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo



## PAPEL DE LOS MODELOS CONCEPTUALES (MC) EN LA VIGILANCIA

- **Síntesis de conocimientos** sobre la génesis, estructura, evolución y mecanismos físicos de los fenómenos meteorológicos
- **Dos condiciones que deben cumplir los MC:**
  - Adaptados a las características **regionales** y/o locales (modulación orográfica, ...)
  - Adaptados al **sistema de observación** (cada sistema lo ve de forma distinta)

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo



## PAPEL DE LOS MODELOS CONCEPTUALES (MC) EN LA VIGILANCIA

- La extrapolación lineal no pronostica cambios en la intensidad.
- Los MC pueden mejorar la predicción mediante:
  - Modelos de **ciclo de vida** de estructuras de mesoescala (extrapolación: célula 1h, SCM hasta 3h)
  - MC de **procesos físicos** que dan indicación de la aparición de nuevos fenómenos o realces (fusión y división de células, activación convectiva por microfrentes o costas, etc.)

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo



## PAPEL DE LOS MODELOS CONCEPTUALES (MC) EN LA VIGILANCIA

- Debe contener información:
  - **Climatológica:** agrupa los resultados de diferentes casos
  - **Física:** proporciona la explicación física del fenómeno
  - **Dinámica:** describe su evolución en diferentes condiciones ambientales

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo



## PAPEL DE LOS MODELOS CONCEPTUALES (MC) EN LA VIGILANCIA

- Un MC debe responder a preguntas como:
  - ¿Dónde se forma habitualmente?
  - ¿Cómo se desplaza?
  - ¿A qué hora suele empezar a formarse?
  - ¿Qué fenómenos suele llevar asociados?
  - ¿Por qué? ...

ESCRIBE LO QUE CREAS SABER  
DISCÚTELO CON TUS COLEGAS  
INTENTA COMPLETAR EL PUZZLE

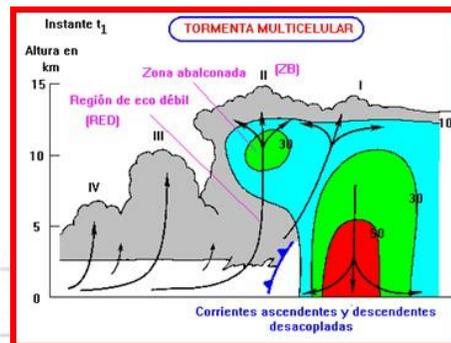
Queda mucho trabajo por hacer.....

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción

### MÉTODOS DE PREDICCIÓN EN EL MUY CORTO PLAZO

- Persistencia (euleriana)  $\partial \Psi / \partial t = 0$ , lagrangiana  $d \Psi / d t = 0$  (YRAD, RDT,..)
- Análogos, estadísticos, heurísticos, IA (ML(DL)), ...
- NWP mesoscales
- **Vigilancia** = “predicción científica”. Usa todos + Mod.Conc. + Experiencia + ...

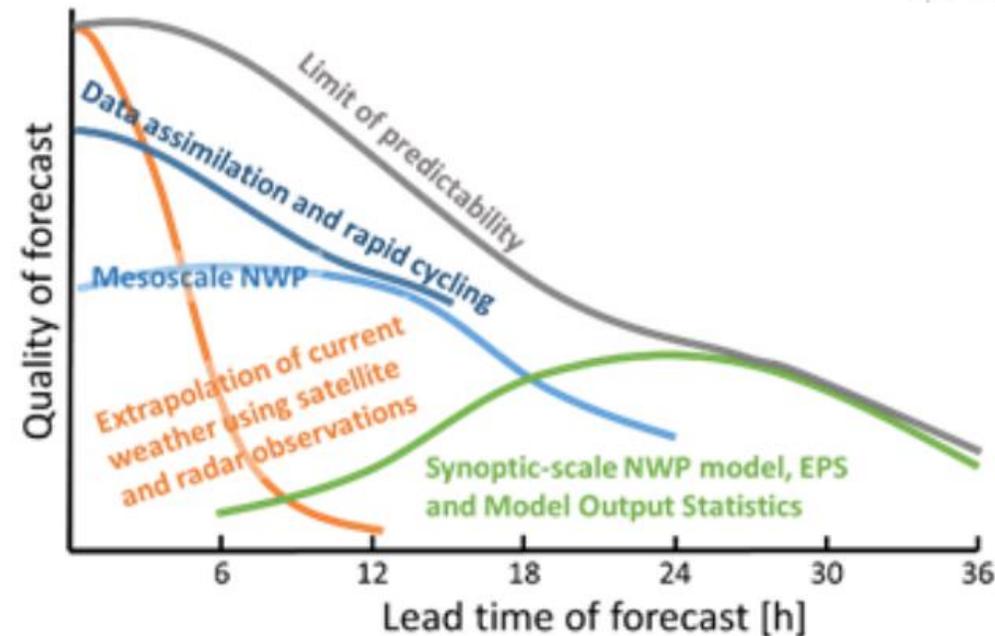


# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

Cada método tiene una **validez en función de:**

- La naturaleza del fenómeno a predecir:
  - Célula: 1 a 3 h
  - Frente: más de 6 h
- El período de predicción:
  - Primeras horas: persist. euleriana o lagrangiana
  - Últimas horas: NWP

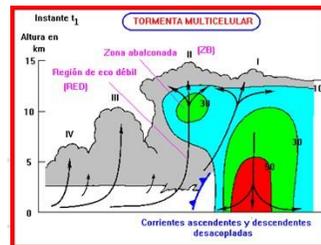


Esquema mostrando la calidad de la predicción en función del tiempo para diferentes métodos. Figura adaptada de Browning (1980)

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- En **las primeras horas** hay que buscar alternativas a NWP
- **Persistencia y extrapolación lineal**, lo mas sencillo
- Fenómenos extrapolables tan solo minutos, y otros horas
- 1ª def. **NOWCASTING**: "Extrapolación de las primeras horas de fenómenos ya existentes"
- **Reto**: anticipar nuevos fenómenos antes de que se produzcan (y disipación)
- **En el muy corto plazo hay que combinar técnicas**

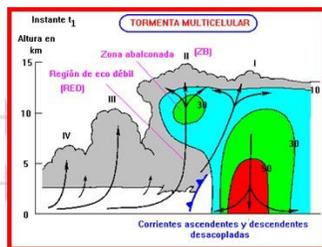


# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

### Definición actual (y mas amplia) de **NOWCASTING**:

- Predicción con detalle local, **por cualquier método**, desde el presente hasta unas pocas horas (**0-6 h**); esto incluye una **descripción detallada del tiempo presente**. (Paul Joe, seguido de K. Browning (1981), y de Conway (1998)).
- **Actualmente**, bajo NOWCASTING se incluyen las técnicas *blending* de extrapolación con NWP, técnicas estadísticas, AI, técnicas heurísticas, NWP, y modelos hidrológicos.



## Diferencias entre nowcasting y predicción a muy corto plazo

NOWCASTING	MUY CORTO PLAZO
0-6 horas ??	0-12 horas ??
Orientado a zonas o puntos críticos	Orientado a comarcas
Alto nivel de detalle espacial y temp	Menor detalle espacial y temporal
Rápida actualización de la observ.	No tan dependiente
Muy de predictores	También de NWP
Escalas micro y meso	Escalas mas bien meso
Motivación: tiempo de alto impacto	Motivación: alto impacto y otros
Principalmente <i>warnings</i> (actúa)	Principalmente <i>watches</i> (preparate)
Más dependiente de la observación	Más dependiente de los NWP

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- Extrapolación de la observación

Fenómeno meteorológico	Validez de la extrapolación
Downburst/tornado	1 o varios minutos
Tormenta individual	5 a 20 minutos
Tormenta severa	10 min a 1 hora
Tormenta organizada meso	1 a 2 horas
Vientos fuertes orográficos	1 o varias horas
Paso de sistemas frontales	Varias horas

Doswell (1986)

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. determinista de la Pcp-Radar

### Seguimiento de células convectivas (objetos convectivos)

1. Aplica reglas para **identificar un objeto** en 2 o 3 dimensiones: 35, 40, 45 dBz, regiones con Z creciente.
2. **Asigna atributos** al objeto (granizo, vientos extremos, ...). 3D mejora la identificación de severidad.
3. Asocia el objeto a un track y estima la **velocidad de advección**.  
Principal fuente de error (inicio, unión, división y disipación).
4. **Predice la localización** del objeto en el futuro. SCIT (Johnson, 1998)

DILEMA

**umbral**  $\uparrow$   $\Rightarrow$  tamaño  $\downarrow$   $\Rightarrow$  predec. (f(tamaño))  $\downarrow$   $\Rightarrow$  dificultad asignación  $\uparrow$   
**umbral**  $\downarrow$   $\Rightarrow$  track  $\uparrow$   $\Rightarrow$  localización de la zona severa  $\downarrow$



Nº de célula, nº de pixels, Zmax, Zmed & rayos asignados a cada célula.

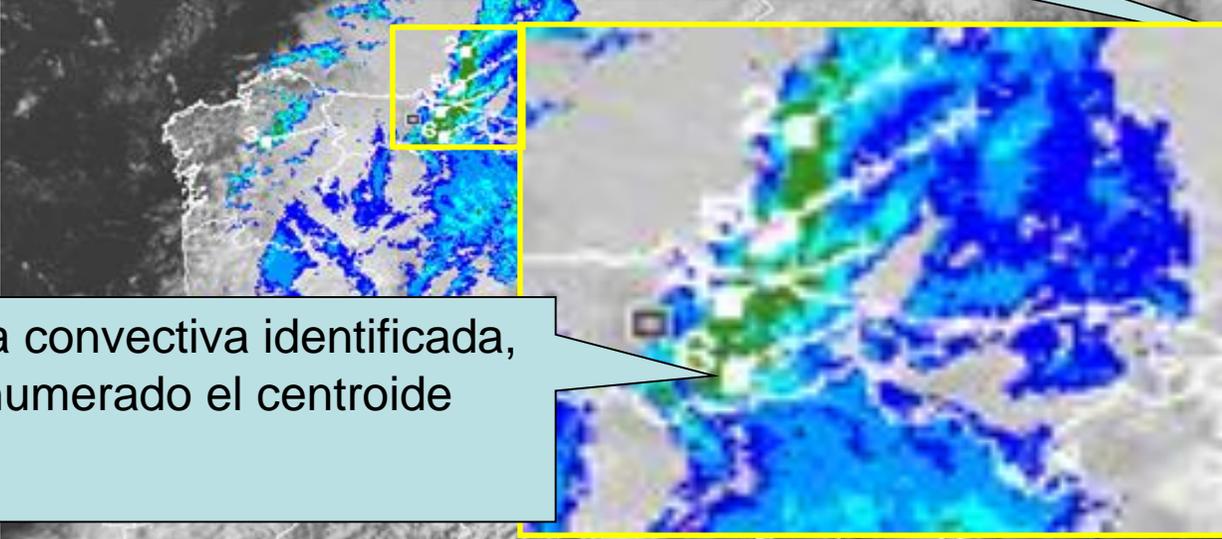
### 2D Producto Nacional

DIAGNOSTICO NACIONAL  
11/04/13 PAS=06 H+06

11/04/13 10 :50 UT

EST. NU.PIX. ZMAX ZMED RAYO

01	049	41	37
02	030	41	35
03	029	42	36
04	029	42	37
05	025	41	34
06	025	40	34



Célula convectiva identificada, y numerado el centroide

Zoom mostrando los ECHOTOPs

Image VIS (día) IR (noche)

Imagen de fondo: VIS (día) IR (noche)

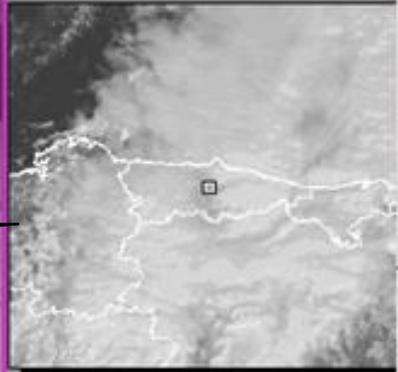


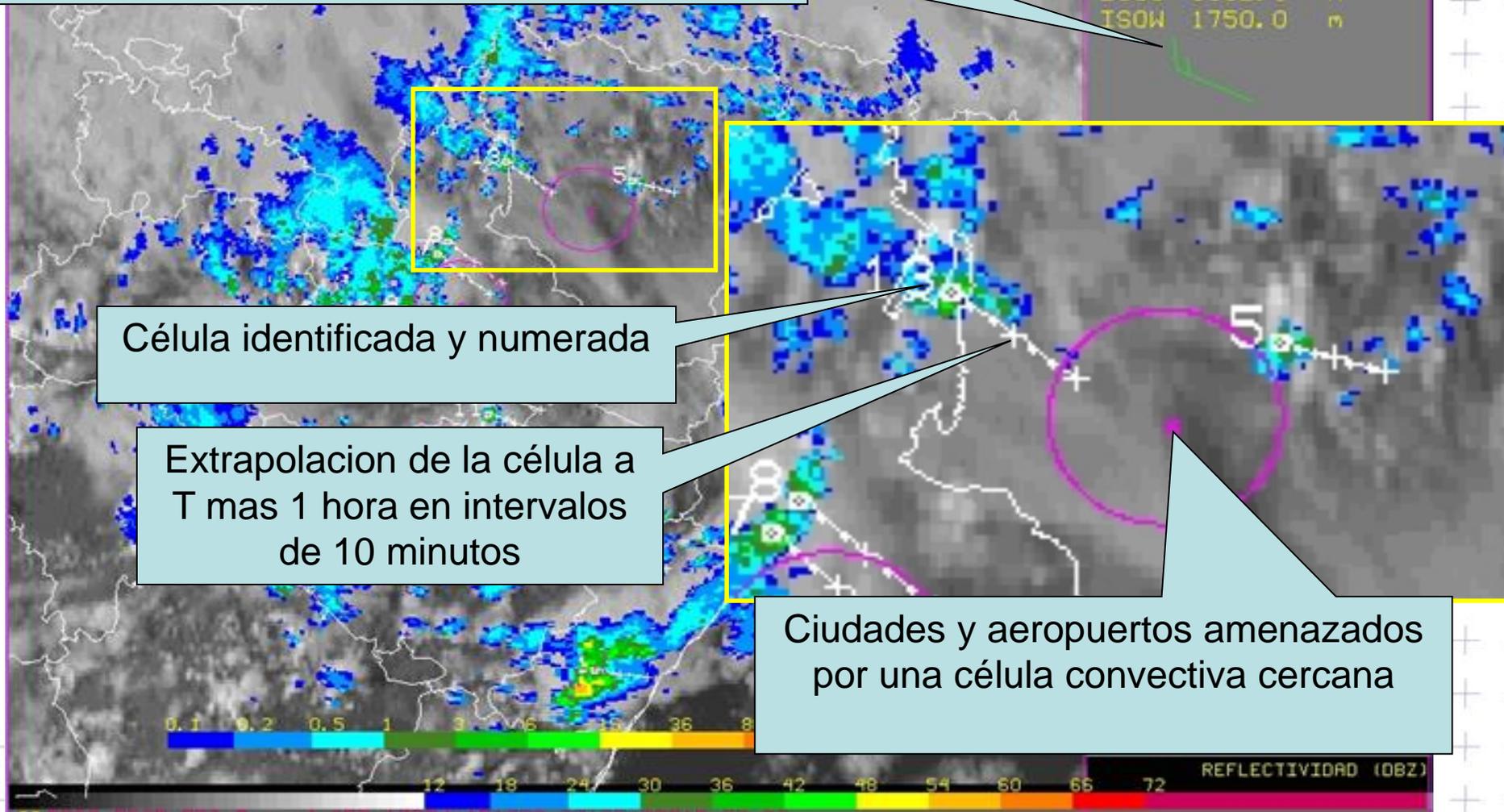


IMAGEN RADAR: PPI DE RADAR REGIONAL RAY. POS.: 3  
IMAGEN SATOR/04/13 1500 UTC

### 2D Product Regional

DIAGNOSTICO-2DP		
04/04/13 PAS=12 H+06:		
CAPE	107.9	J/Kg
LI	-0.5	C
RH-7	73.9	%
ISOC	1932.1	m
ISOW	1750.0	m

Información complementaria del modelo:  
CAPE, LI, RH-700 hPa, isocero, isocero del húmedo, viento medio 925-500 hPa



Célula identificada y numerada

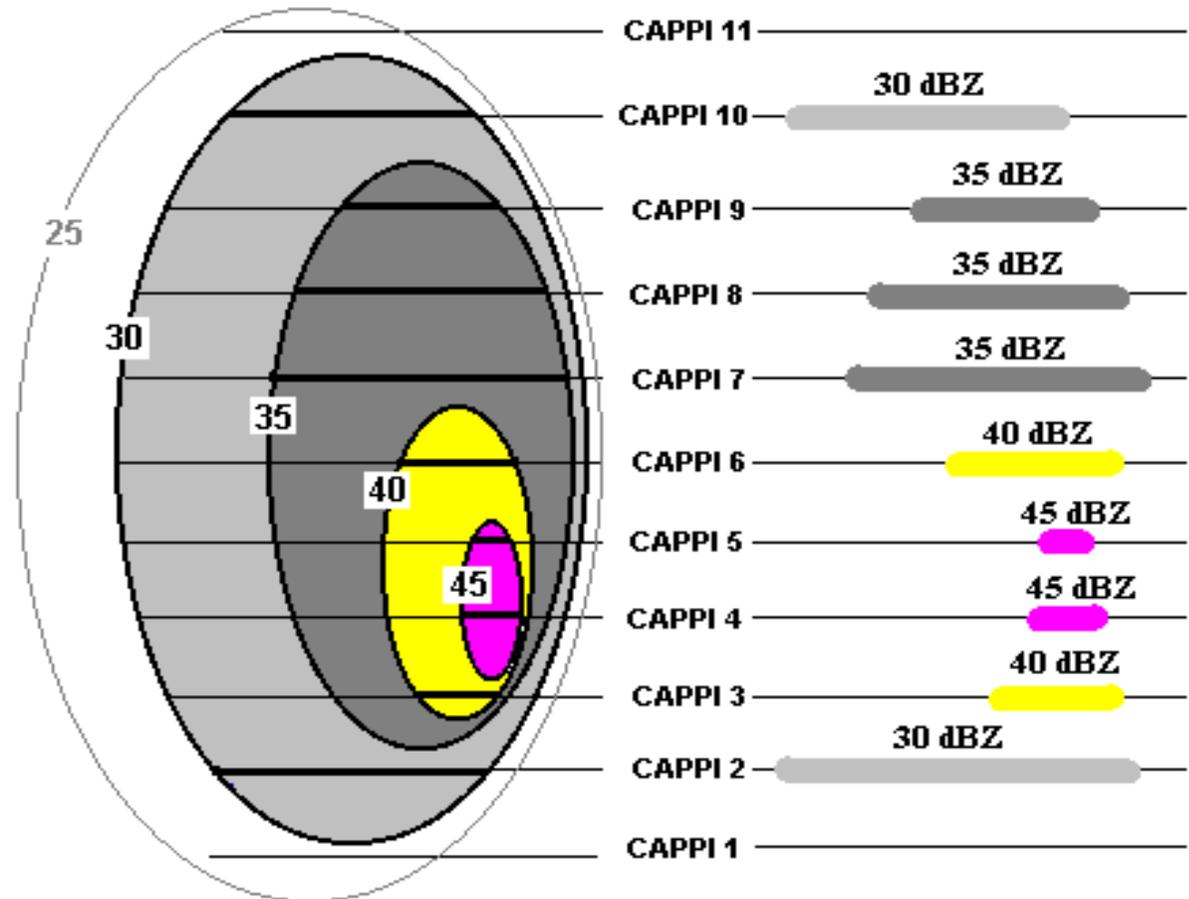
Extrapolacion de la célula a T mas 1 hora en intervalos de 10 minutos

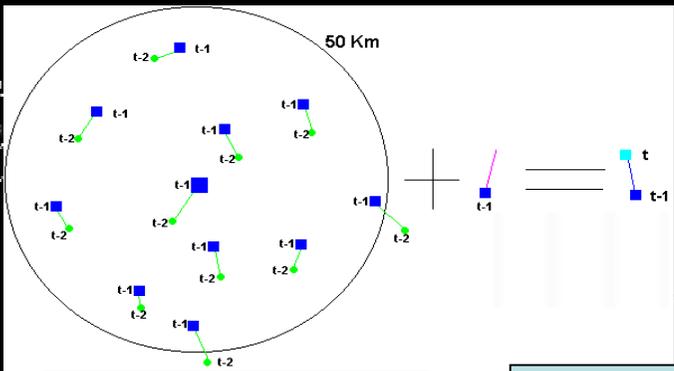
Ciudades y aeropuertos amenazados por una célula convectiva cercana



## 3D: identificación, seguimiento y extrapolación de células convectivas

- 12 CAPPIs analizados
- Cada CAPPI analizado con 7 umbrales: 30, 35, 40, 45, 50, 55 & 60 dBZ
- 3D asocia los máximos de CAPPI a cada nivel
- Mas de 24 km<sup>2</sup>





### Escala de densidad de VIL



PRIMERAS 20 CELULAS 3D  
 ORDENADAS CON DVIL

N3D	ZMAX	ESP	ECHO	DVIL	N2D	GR
1	57	8.0	12.5	4.0	1	G
3	50	5.0	8.5	1.3	5	G
2	52	6.0	9.5	1.3	2	G
4	48	6.0	9.5	1.0	8	G
5	45	5.0	9.5	.8	3	--

Posición previa del centroide

Para cada célula 3D: ZMAX, espesor, ECHOTOP, densidad de VIL y probabilidad de granizo

El centroide de cada célula 3D es coloreada según su densidad de VIL

Posición del centroide extrapolada para la siguiente hora



N3D = NUMERO DE CELULA 3D  
 ZMAX=REFLEC. MAXIMA (dBZ)  
 ESP =ESPESOR (km)  
 ECHO=ECHOTOP (12 dBZ)  
 DVIL=DEN. DE VIL MAX. (g/m3)  
 N2D= ESTR. 2D QUE CONTIENE LA  
 GR= PROBABILIDAD DE GRANIZO  
 g= GRANIZO PROBABLE  
 G= GR. SEVERO PROBABLE

Posición previa

Posición del centroide extrapolada para la siguiente hora

Red= mas de 5 de densidad de VIL

04/04/13 PAS=12 H+06

CAPE 99.0 J/Kg  
LI -0.6 C  
RH-7 74.4 %  
ISOC 1934.8 m  
ISOW 1753.2 m

04/04/13 15:10 UTC

EST.	NU. PIX.	ZMAX	ZMED	RAYOS
01	628	59	39	016 000
02	066	44	37	006 000
03	050	53	41	
04	032	54	46	
05	024	48	36	
06	021	49	43	
07	018	48	44	
08	018	48	34	
09	018	46	43	
10	017	46	37	
11	016	52	44	

Ventana de 3D

REFLECTIVIDAD (DBZ)

12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 72

# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

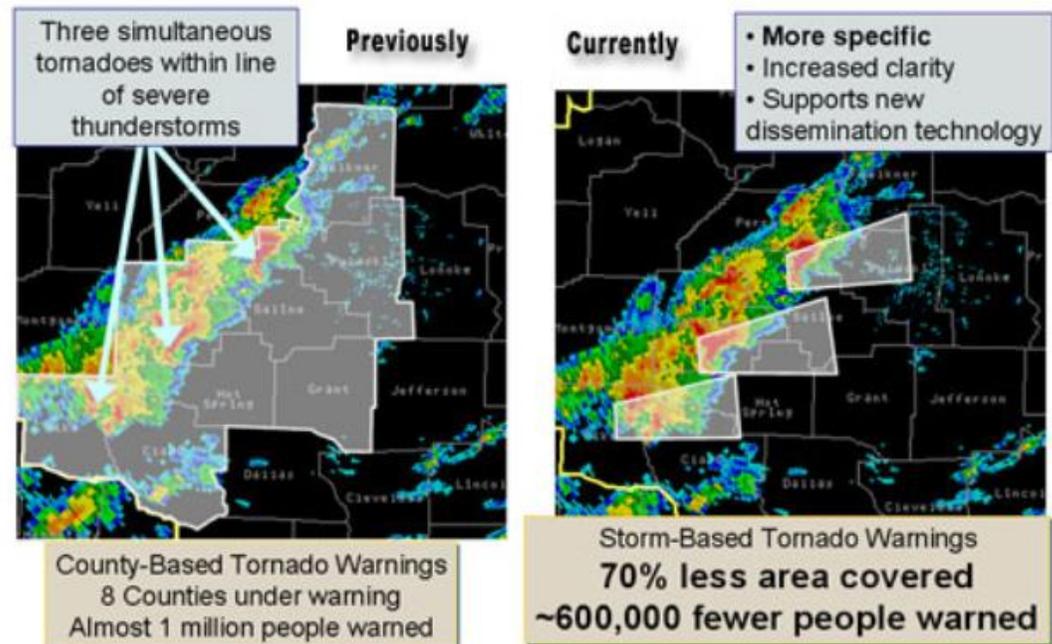
## 3. Predicción. Métodos

### • Storm-Based Warning (SBW)

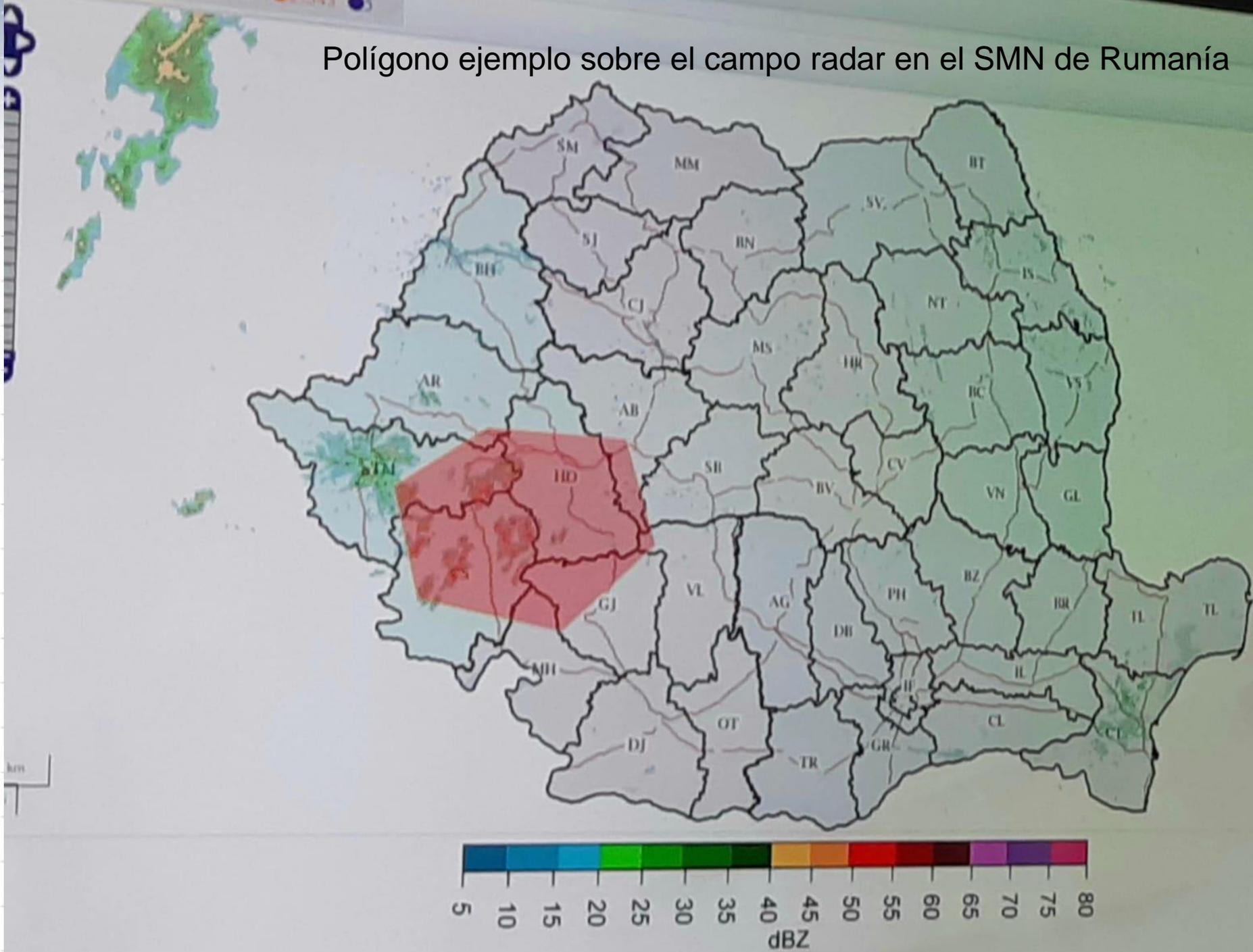
**Polígonos de aviso de tiempo severo** (basado en radar)  
**Storm-Based Warning** (National Weather Service. NOAA)



1. El predictor selecciona el polígono (Dónde).
2. Redacta el mensaje (Qué y Cuándo)
3. Distribución automática a usuarios: móviles, radios, web, etc.



# Polígono ejemplo sobre el campo radar en el SMN de Rumanía



# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

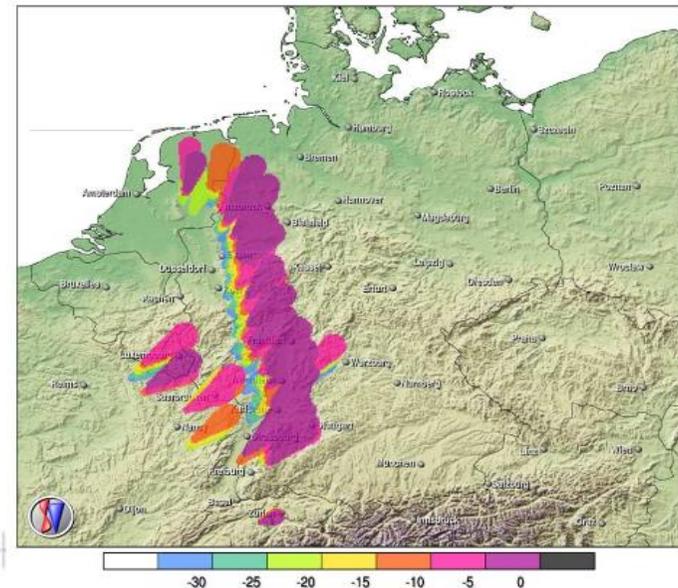
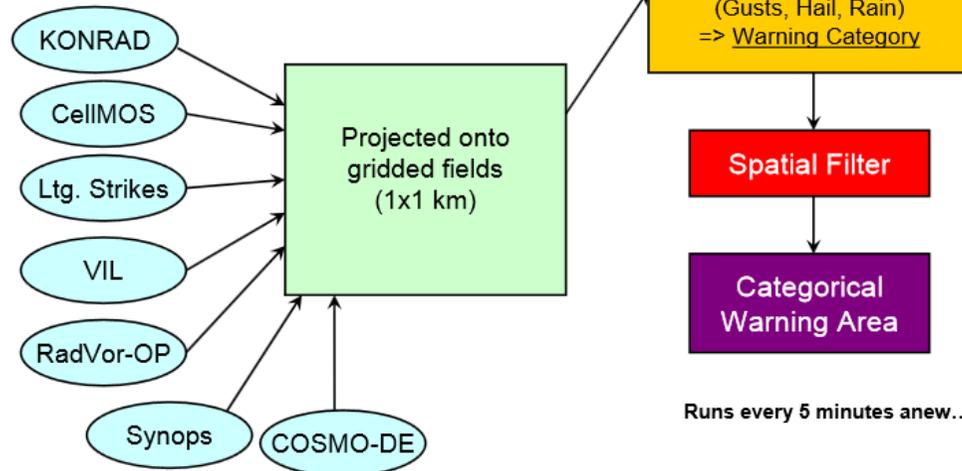
- Extrap. determinista de la Pcp-Radar

**Seguimiento de células convectivas** (objetos convectivos)

**NowcastMIX** (DWD). Jerarquía de lógica difusa para valorar los atributos de una tormenta

### NowCastMIX scheme

Attributes (e.g. Gusts, Hail, Rain) from input datatypes...



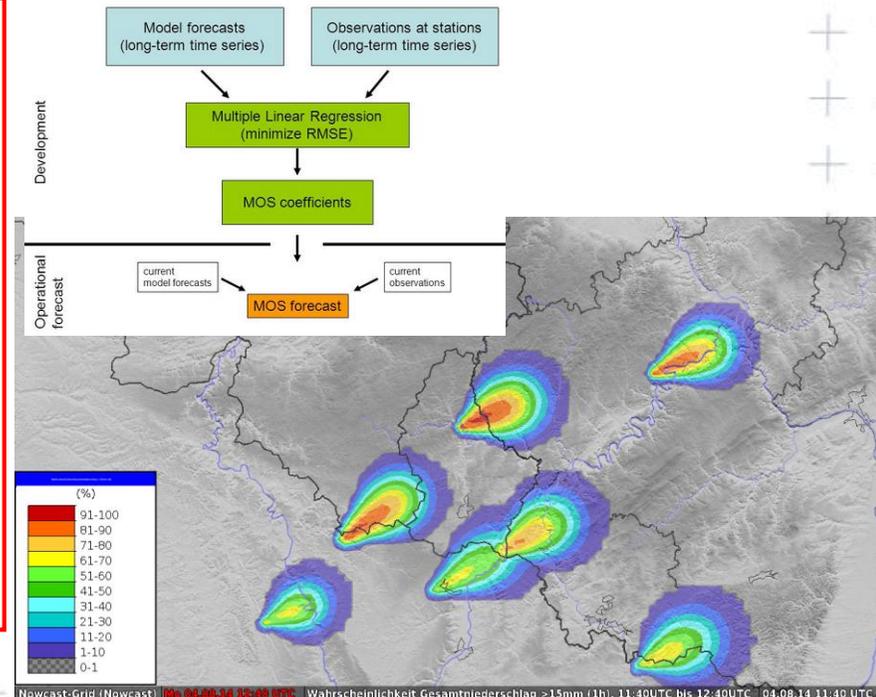
# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. determinista de la Pcp-Radar

**Seguimiento de células convectivas** (objetos convectivos)  
**CellMOS** (DWD). MOS (Model Output Statistics)

- Prevé el track de la célula y sus características con **MOS**.
- **Input:** Z, rayos, NWP.
- **Detección de células** >37 dBz y/o rayos.
- **Detección y predicción de granizo:** Zx 53 dBz en un área de 46 dBz; ecuación de regresión basado climatología del tamaño de granizo CellMOS.



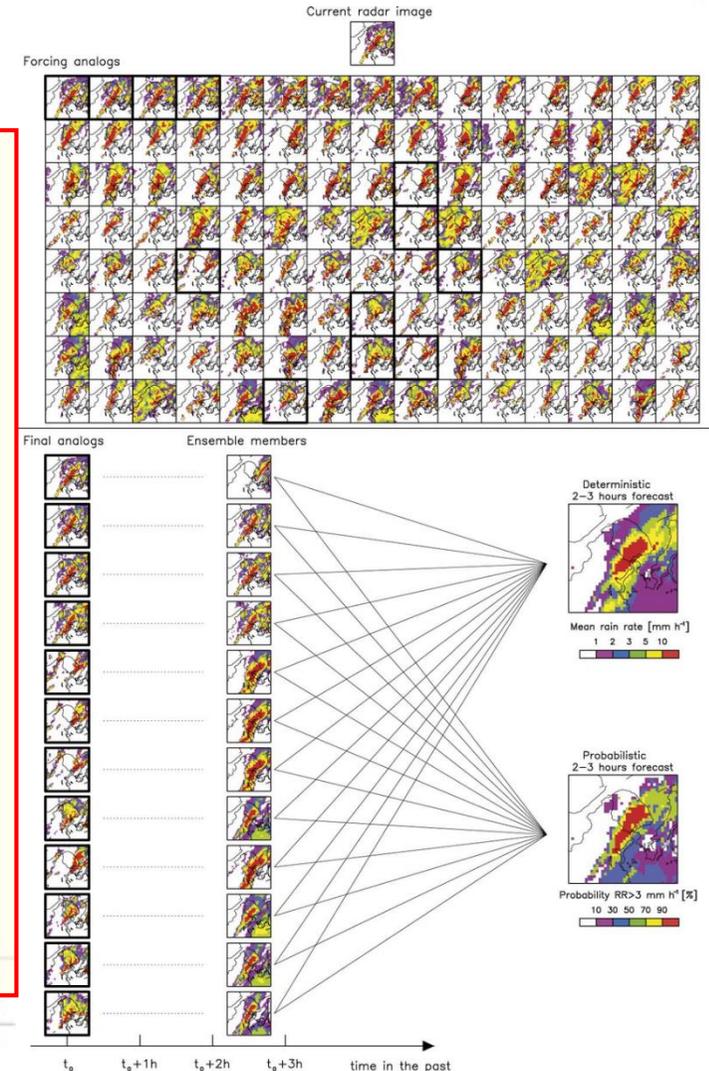
# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

### Análogos

#### NORA

1. Para nowcasting de la **precipitación** orográfica
2. **Predictores**: flujo mesoescalar, estabilidad y patrones de precipitación.
3. Base histórica.
4. Soluciones deterministas y **probabilistas** cada 5 min (radar).
5. Desarrollado para un lago al sur de **Alpes**
6. **Mejor que persistencia en la 1<sup>a</sup> h**, y que COSMO2 hasta 4<sup>a</sup> h.



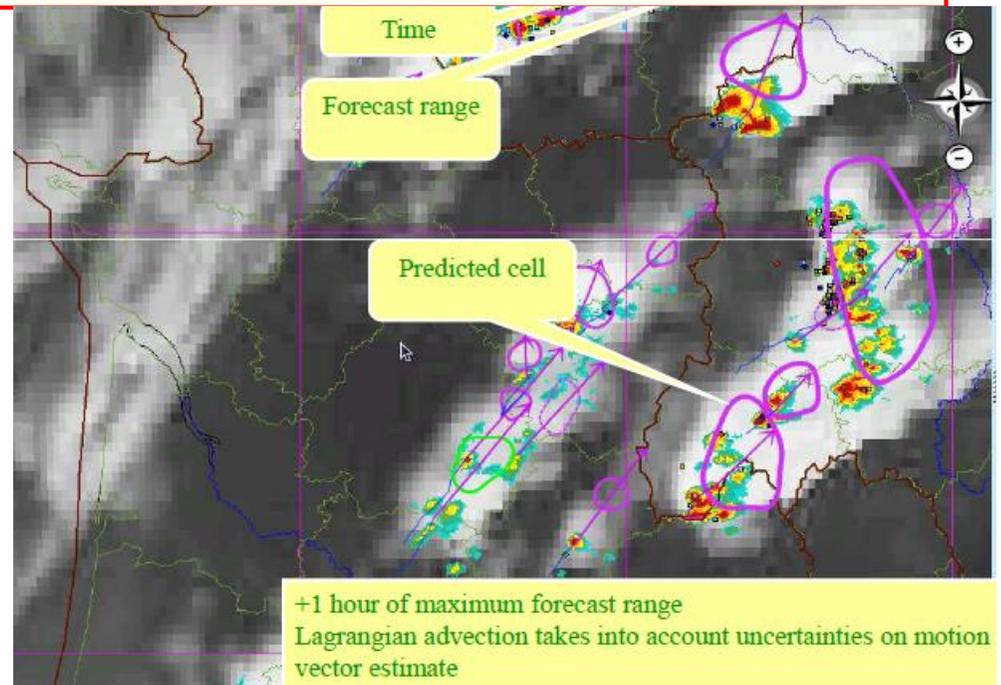
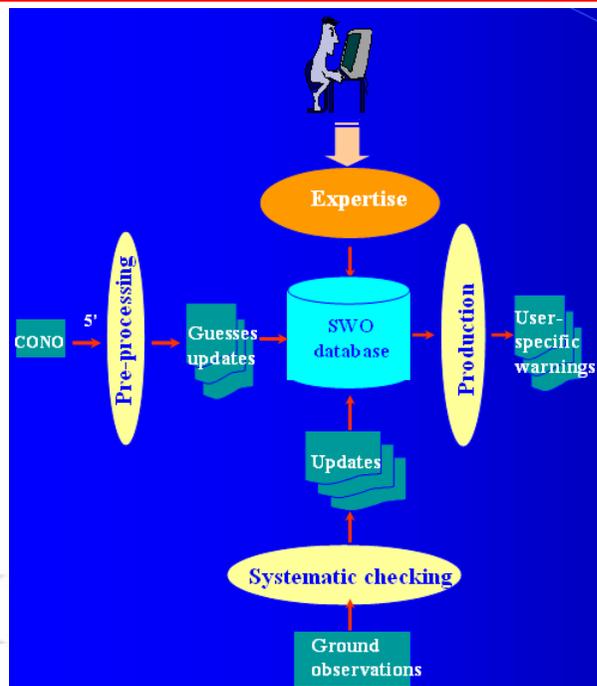
# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. determinista de la Pcp-Radar

**Seguimiento de células convectivas** (objetos convectivos)

**SIGOONS** (MeteoFrance). Fusión de datos con posibilidad de incluir la experiencia del predictor.



# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

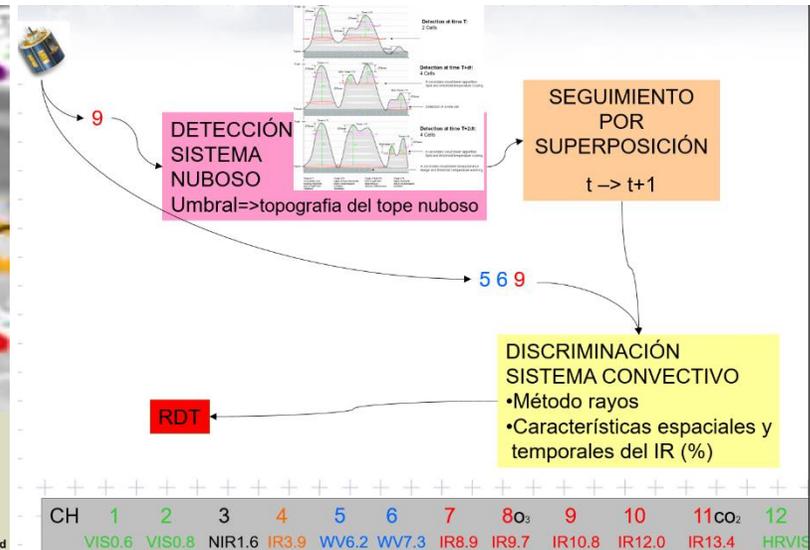
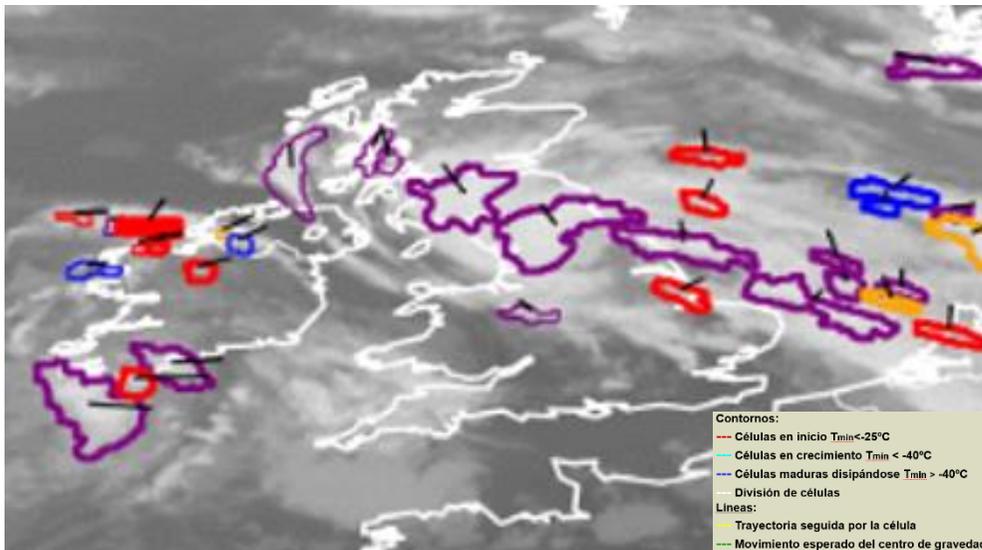
## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. determinista de la Pcp-SAT

### Seguimiento de células convectivas

### Rapid Development Thunderstorms, RDT (SAFNWC METEOSAT).

Identificación, seguimiento y extrapolación.



# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. determinista de la Pcp-SAT

### Seguimiento de células convectivas

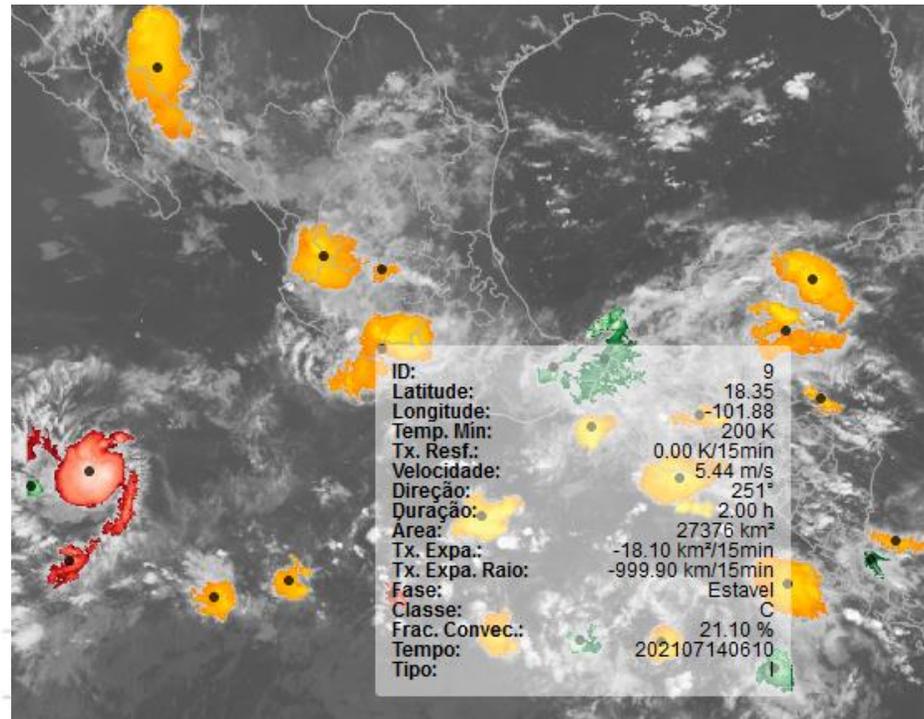
**FORTRACC** (CPTEC INPE). Identificación, seguimiento y extrapolación.

#### ▼ FORTRACC IR

##### DIAGNÓSTICO

##### PREVISÕES

- Clusters 30 min
- Centroides 30 min
- Clusters 60 min
- Centroides 60 min
- Clusters 90 min
- Centroides 90 min
- Clusters 120 min
- Centroides 120 min



# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. determinista de la Pcp-Radar

### Extrapolación de campos

1. **Divide el grid** del radar en teselas (técnica semi-lagrangiana)
2. **Encuentra la advección** que maximiza la correlación cruzada (u otra medida de similaridad) entre  $t$  y  $t+\Delta t$ .
3. El vector de advección medio de cada tesela que contiene lluvia es calculado aplicando algún tipo de **restricción que minimice la divergencia** de los vectores resultados.

El tamaño óptimo de las teselas es de 30 km (Liang et al., 2010).

Problema: la técnica semi-lagrangiana requiere un vector en cada pixel, pero algunos métodos de similaridad (flujo óptico) no dan vector en las teselas sin lluvia.

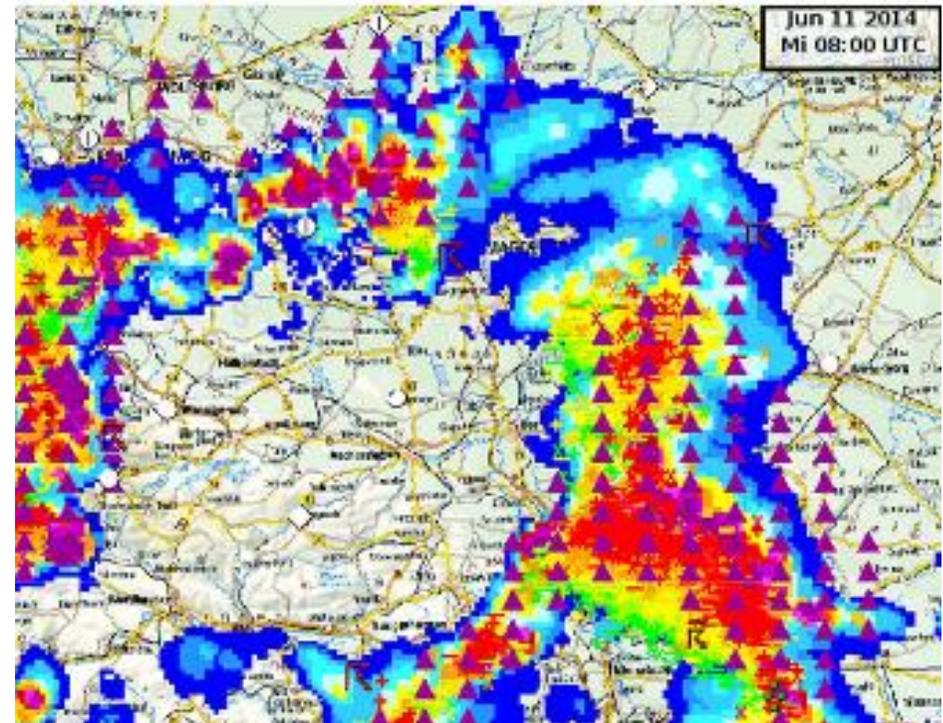
# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. determinista de la Pcp-Radar

### Extrapolación de campos RadVor-Op (DWD).

- Extrapola 2 horas.
- Semi-lagrangiana.
- Detección empírica de granizo (>37 dBz, gran actividad eléctrica)



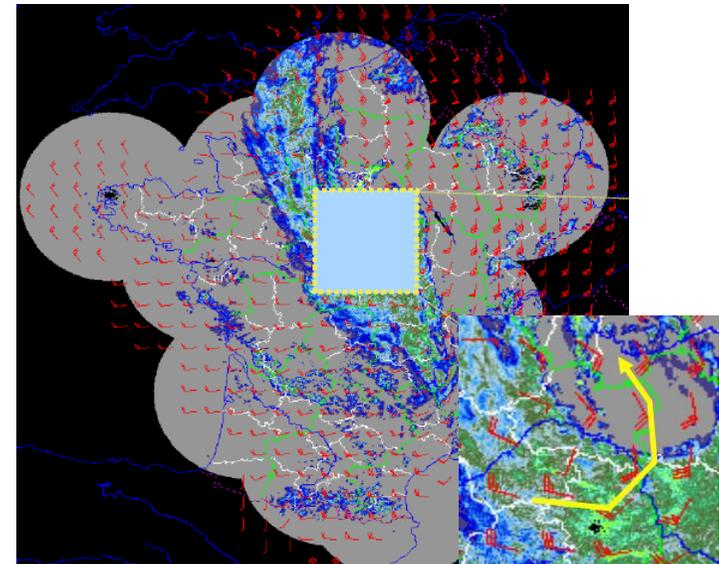
# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. determinista de la Pcp-Radar

### Extrapolación de campos 2PiR (MeteoFrance).

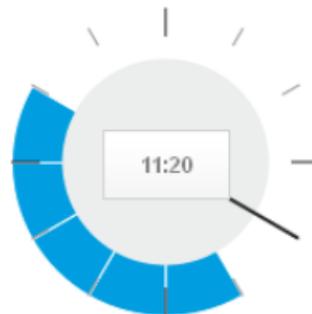
- Aplicación en Meteo.fr  
¿Va a llover en la próxima hora?



Va-t-il pleuvoir dans l'heure à Niort ?

Prévisions actualisées à 11h10

De 11h20 à 11h25 : Pas de précipitation  
De 11h25 à 11h50 : Précipitation modérée  
De 11h50 à 12h20 : Pas de précipitation



Couverture du service

#### Pluie

- Pluie forte
- Pluie modérée
- Pluie faible
- Aucune
- Données indisponibles

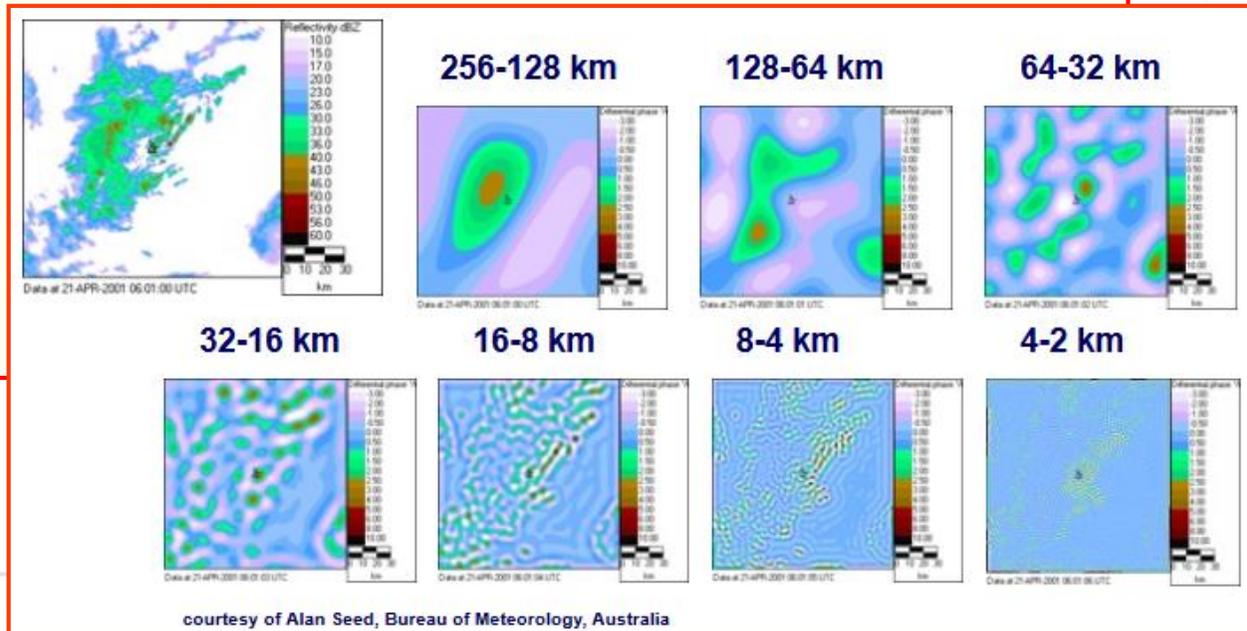
# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. determinista de la Pcp-Radar

### Descomposición y extrapolación de campos

1. Descompone la imagen radar en diferentes tamaños de formas.
2. Las formas mas grandes, mas predecibles, pueden ser mas extrapoladas.
3. Las muy pequeñas son eliminadas y sustituidas por ruido aleatorio tras la extrapolación



# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

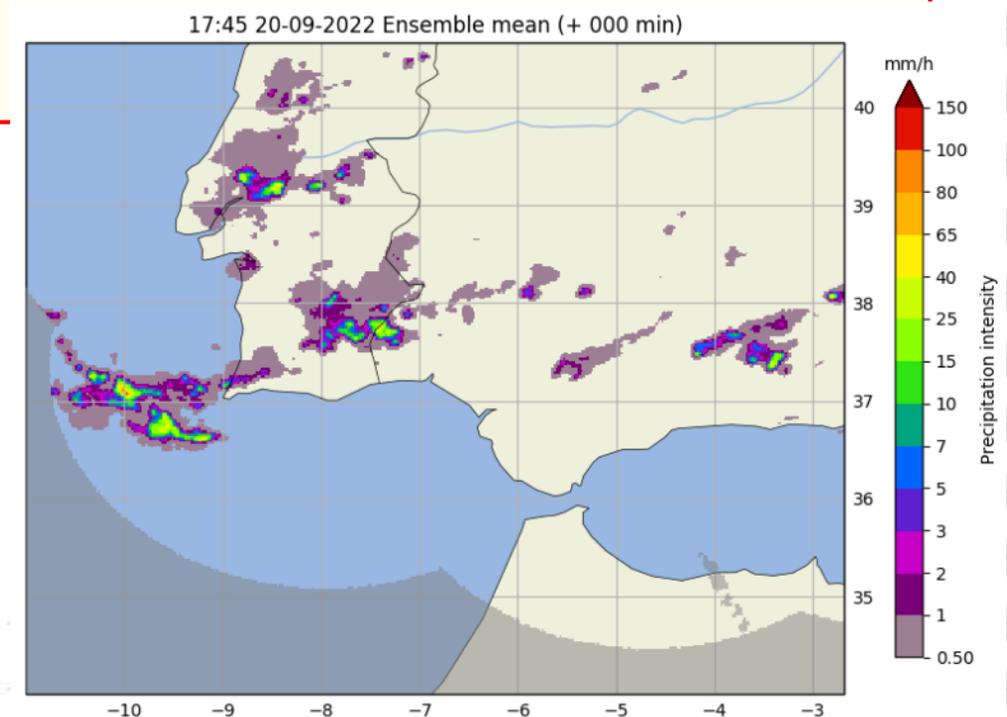
## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. Det. Y Prob. de la Pcp-Radar

### Descomposición y extrapolación de campos pySTEP

1. Opción determinista con flujo óptico
2. Opción probabilista con STEP
3. Modo pruebas

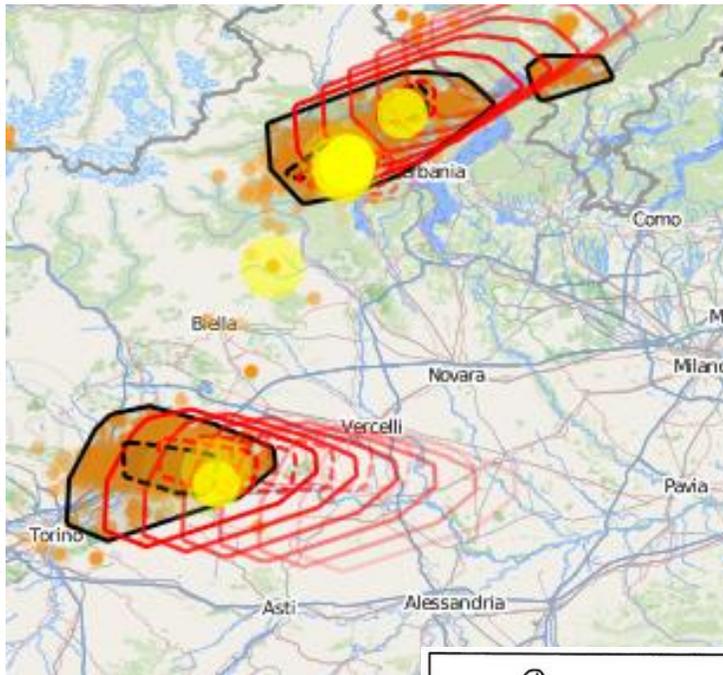
[Nowcast Pysteps \(aemet.es\)](https://aemet.es)



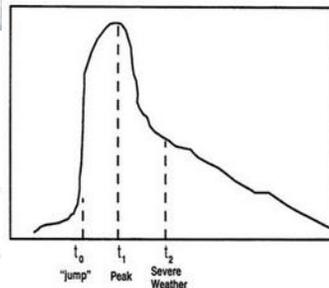
# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

### • Extrapolación de objetos de rayos



<https://www.nowcast.de/>



### Nowcast.de



1. Agrupa rayos en **polígonos** dando: tamaño, nº y densidad de rayos, y altitud media de los intranube.
2. rTNT. Tras cada rayo se actualizan los **parámetros** de la célula, dando intensidad de la tormenta y el riesgo de granizo.
3. Se **extrapola** en función de la intensidad y tendencia de la tormenta.
4. La presencia de “**lightning jumps**” implica severidad.

# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

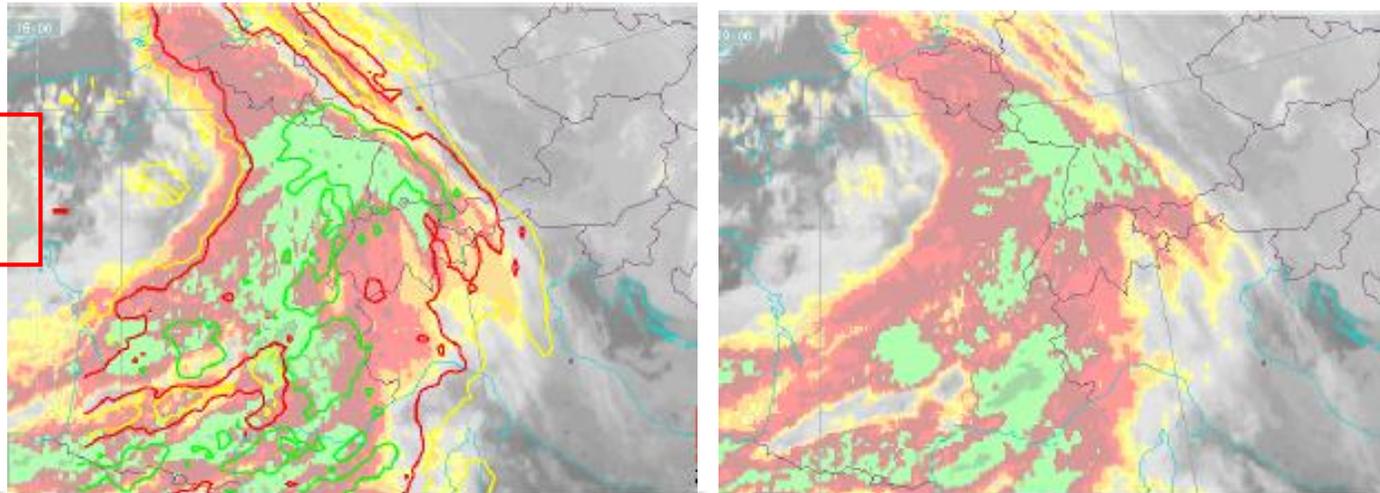
- Extrapolación de nubes: NWC radiación

### NWC y muy corto plazo de la radiación solar. (AEMET + REE)

1. Primera hora, extrapolación “Tipo-de-nubes” SAF: producto EXIM
2. =>4ª hora, datos del HARMONIE
3. 2ª y 3ª, combinación de ambos

SAF	Distribución SAF+ Harmonie		Harmonie
1ª hora	2ª hora	3ª hora	4ª hora

“Sin costuras”  
(Seamless)



Extrapolación aplicada a la Tª del tope nuboso. Izda MSG IR10.8 con isotermas previstas la siguiente hora. Dcha. Una hora después. ZAMG

# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

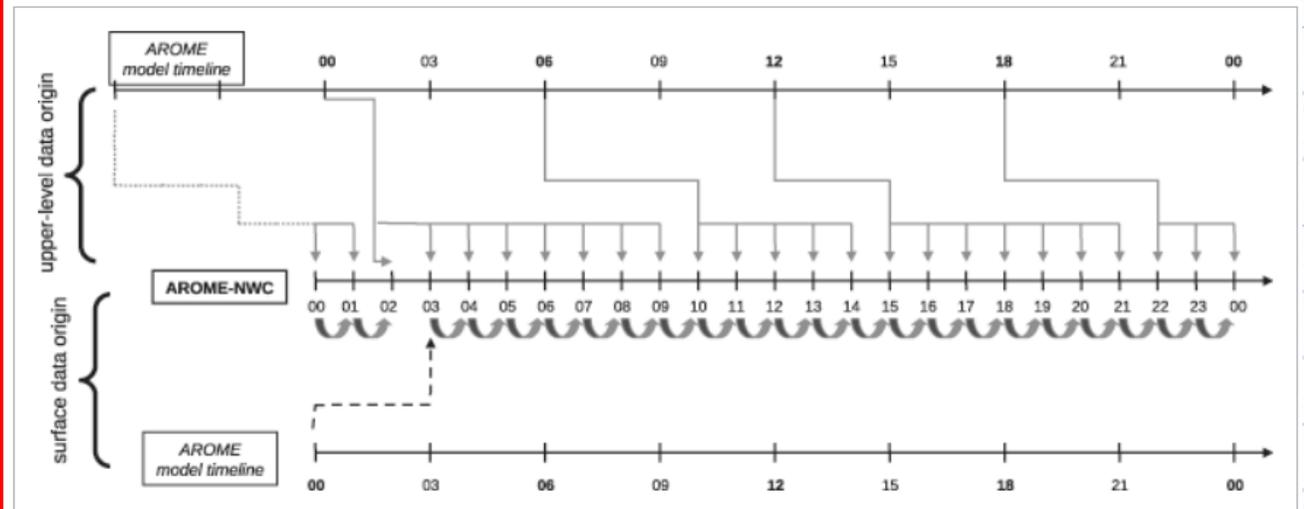
## 3. Predicción. Métodos

### • Modelos numéricos de predicción

- Tradicionalmente, usados como guías
- Mas exitosos ante convección muy forzada por la escala sinóptica (la poco forzada es muy sensible a variaciones de  $T^a$  y  $H\%$  en capas bajas)

Ejemplo:

- **AROME-NWC (MeteoFrance)**
- Para 0-6 h
- Asimila radar cada hora.
- Spin-up 20 min
- Disponible 45 min



- Mejora  $T^a$ ,  $H\%$ ,  $V$ , y  $P_{cp}$  durante el día

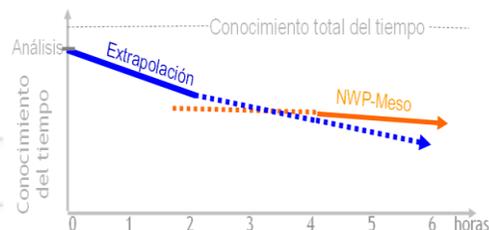
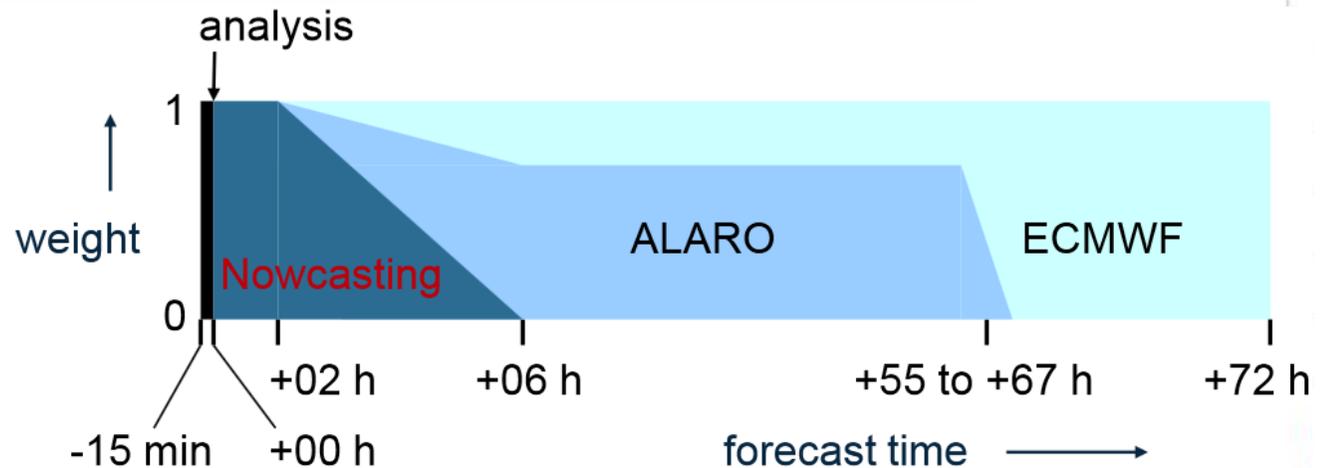
# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- “Sin costuras” (*Seamless*)

- Extrapolación de radar y/o satélite las 1<sup>a</sup> horas, luego NWP
- Ejemplo: **INCA** del **ZAMG**

- Pcp y Nub extrapoladas
- T<sup>a</sup>, H%, V: análisis y predicción con tendencia modelada con límite variable (unas 6 horas)



# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

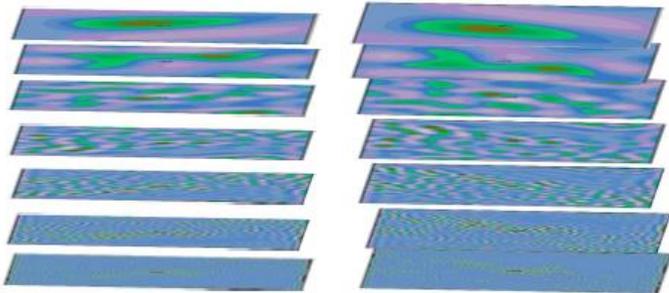
## 3. Predicción. Métodos

• “Sin costuras” probabilístico

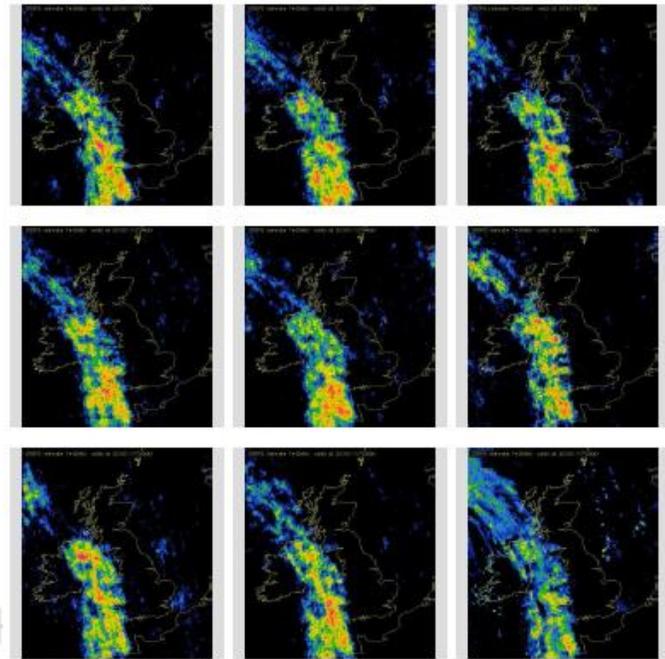
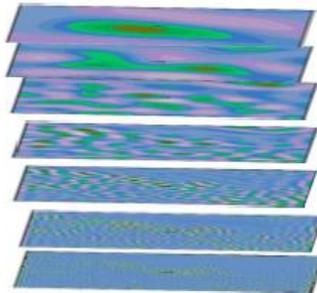
- Extrapolación de radar las 1<sup>a</sup> horas, luego NWP
- **STEPS** del **MetOffice**

- Ensemble de extrapolaciones
- Ensemble del modelo
- *Blended* de ensembles

Extrapolation + NWP ensemble member p



Noise member p



Control

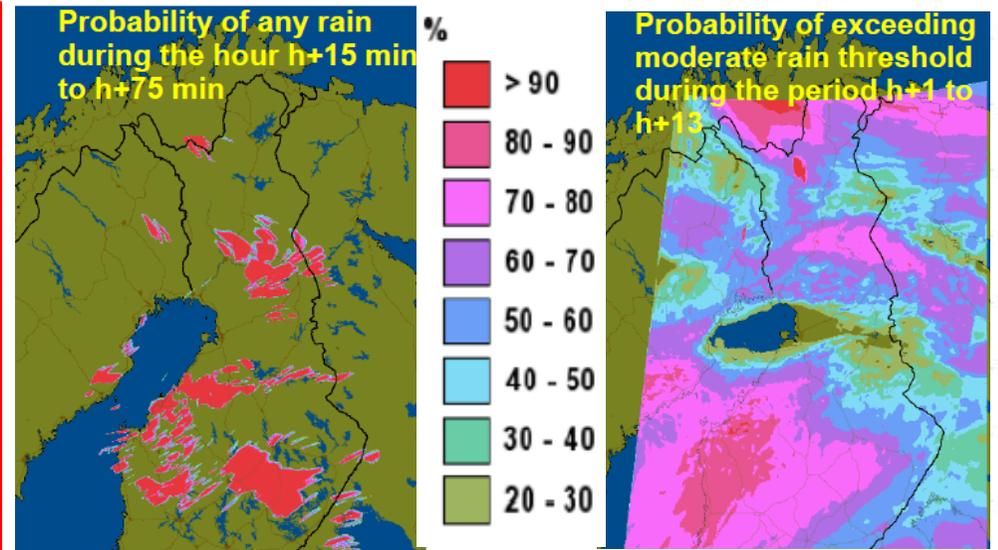
# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

### • “Sin costuras” probabilístico

- Extrapolación de radar las 1ª horas, luego NWP. 2h a 5 días
- **RAVAKE del FMI**

- *Blended* de ensembles
- 51 miembros
- Concepto de probabilidad
- Crecimiento y disipación de sistemas de precipitación (con NWP)
- Servicio de avisos de lluvia SMS



# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- Vigilancia meteorológica

**Ejemplo: Vigilancia del tiempo severo convectivo.** Tareas del predictor

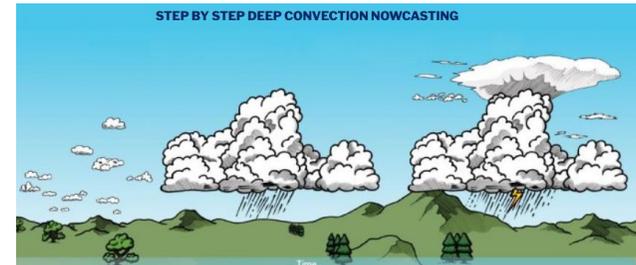
1. Examinar los patrones sinópticos y NWP, y, teniendo en mente la climat. y los MC, decidir **probabilidad de fenómenos severos**.
2. Analizar último sondeo: cizalladura del viento y la estabilidad, y tendencias → **tipo de tormenta**: supercélulas, multicélulas, líneas de turbonada o células simples.
3. Buscar y vigilar con radar o satélite líneas de convergencia en la CLP → **zonas más probables** para la convección severa.
4. Una vez desarrollada la convección, buscar **pistas de tiempo severo**: altas Z, rotación, velocidades divergentes, etc.,
  - y **aplicar técnicas de extrapolación** para localizar las zonas con posible tiempo severo en sup.

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

### • Vigilancia meteorológica

### Vigilancia del tiempo severo convectivo con productos satelitales



#### 1. Pre-Convective Environment

Refers to the 4-D thermodynamic and wind field present before the convective initiation occurs.

##### Useful tools:

NWP data, Radiosonde and aircraft measurements  
[MSG GII/R11 Product](#) - instability & moisture  
[ISHAL Products](#) - instability & moisture  
[HRW Product](#) - wind fields  
[METOP/IASI level2](#) - temp & moisture vert. profiles



#### 2. Convective Initiation

Refers to the process where an existing cumulus cloud begins rapid vertical growth.

##### Useful tools:

Radar, lightning data  
[Cloud Type](#)  
[Cloud Top Temperature and Height](#)  
[Cloud Microphysics](#)  
[Convection Initiation](#) - demonstrational  
[Optimal Cloud Analysis](#) - demonstrational



#### 3. Mature Convective Storm

Refers to the presence of convective clouds with tops at or above their local equilibrium level

##### Useful tools:

Radar, lightning data  
[RDT Product](#) - storm tracking  
[Precipitating Clouds](#)  
[CRR Product](#) - precipitation  
[NEFODINA](#)  
[Overshooting Top Detection](#)  
[MSG Sandwich Product \(HRV+IR10.8 enhanced\)](#)  
[Lightning Density](#)

# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 4. Difusión de la predicción

1. La información meteorológica **no siempre es fácil de interpretar**
2. La predicción en este rango es muy **perecedera**
3. Trabajo previo con el **usuario**: umbrales, productos, formatos, algoritmos, *seamless*, cómo comunicar la incertidumbre dinámica y en tiempo real, validación en tiempo real, ...
4. **Tipos de comunicación:**
  - i. Pasivos (prensa, radio, TV, redes sociales, TREND, ...)
  - ii. Activos (avisos al usuario, SIGMET,...)





# DECÁLOGO DEL NOWCASTING: Diez ideas esenciales

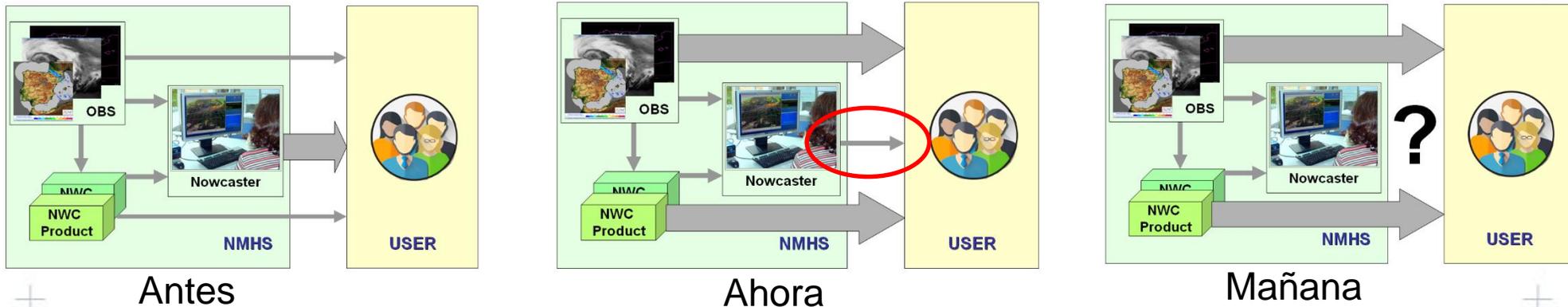
Luis M<sup>a</sup> Bañón Peregrín  
AEMET

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

# La importancia de un equipo de Nowcasters

- El flujo de información entre el nowcaster y el usuario final está cambiando

Flujo de información relativo al nowcasting



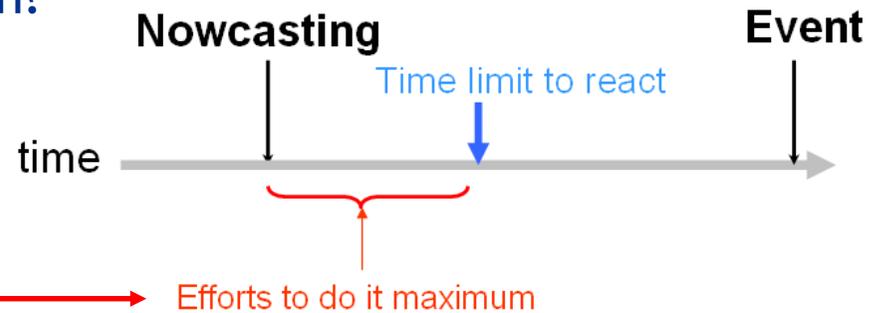
- El equipo de nowcaster solo es requerido para las situaciones más difíciles y severas (solo unas pocas veces al año)
- Entonces, realmente necesitamos un equipo de nowcasters?
  - No
  - Si → Gran repercusión
  - En juego el prestigio de SMHNs

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

ALGUNOS PUNTOS SOBRE EL EQUIPO DE NOWCASTERS

# 1.- ¿Para quién es el nowcasting?

- Ya que el nowcasting...
  - Caduca enseguida
  - Está orientado a áreas específicas
  - Implica acción
- ➔ Comunicación “entrenada” con los usuarios
  - ¿Quiénes son?
  - ¿Qué y cómo lo necesitan?
  - ¿Qué tiempo de reacción tienen?

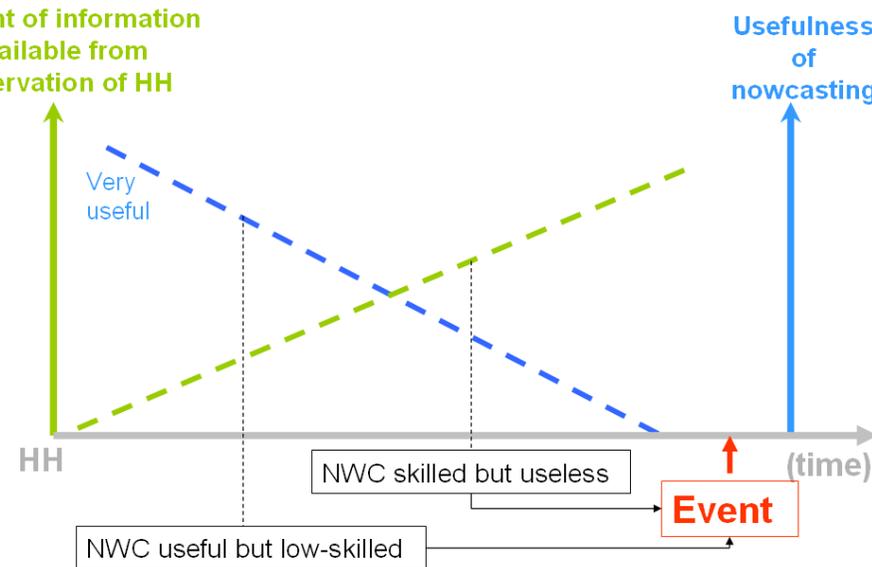


Trabajemos para aumentarlo

## 2.- Nowcasters bien entrenados

- Entrenados en tomar decisiones rápidas
- **“Lo mejor es enemigo de lo bueno”.** Voltaire
- Entrenados en decisiones intuitivas:
- **“Tu intuición no es accidental, refleja tu experiencia”.** Gary Kein
- Entrenados en pensamiento crítico (vs sesgos de confirmación)
- ¿Buen tiempo? → Entrenamiento en tomar decisiones:
  - Tx-Tmin / brisas / rotura de inversión térmica / role de vientos / líneas de convergencia / ...

Amount of information available from observation of HH



¿Tienes algún dato que confirme mi nowcasting?

**“Dame 6 horas para talar un árbol e invertiré 3 afilando el hacha”** Abraham Lincoln

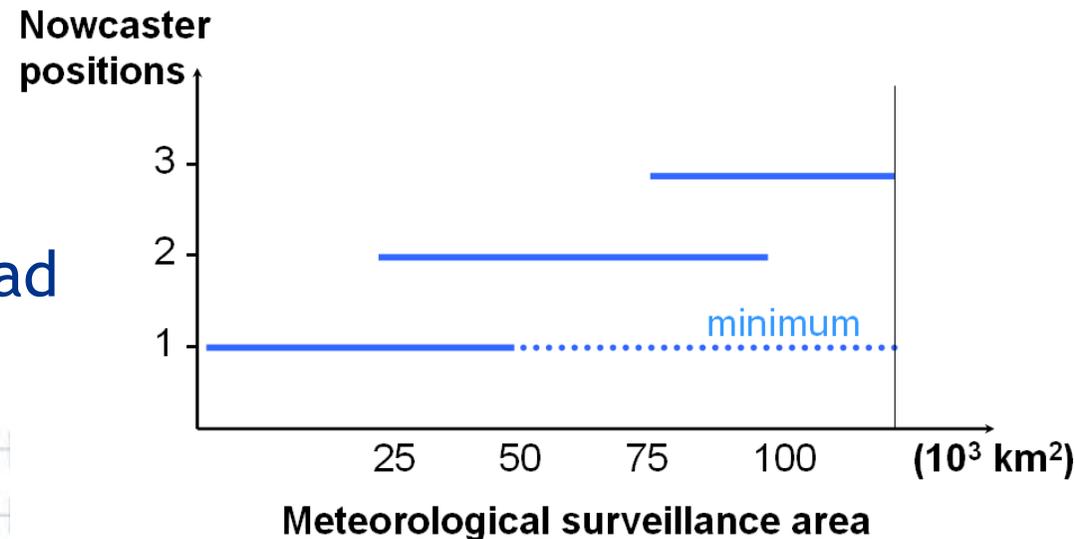
### 3.- Organización del trabajo

- Nowcaster ≠ Pronosticador
- Consciencia Situacional (SA)
- ¿Cuántas posiciones de nowcaster?
  - Buen tiempo → mínimo
  - Tiempo severo → Posiciones según:
    - Área de vigilancia
    - Usuarios afectados
    - Severidad del tiempo
    - Duración de la severidad
    - Botón del pánico

**Guidelines for Nowcasting Techniques (WMO-No. 1198):**  
 Proficiency in forecasting does not necessarily translate into nowcasting proficiency and vice versa



→ 1+posición



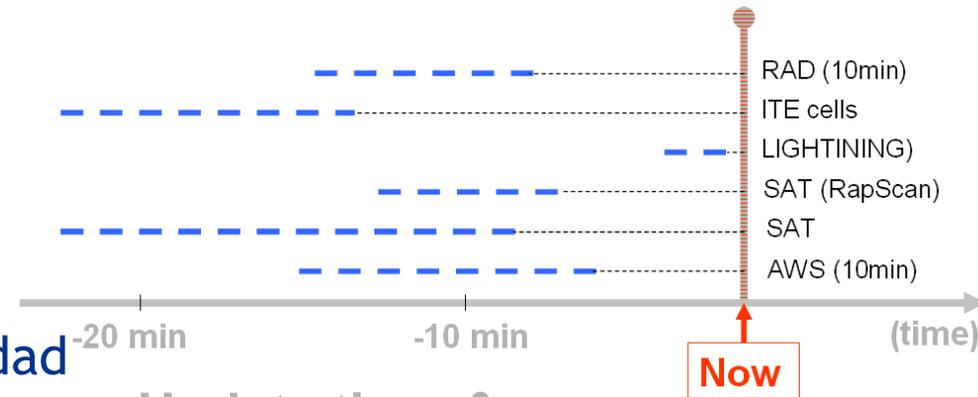
## 4.- Puesto de trabajo correctamente adaptado

- SA → Sitio ergonómico que favorezca la concentración
- Información clave al alcance de la mano
- Carpeta de Reglas y Normativa:
  - Umbrales de los usuarios
  - Números de teléfono,...
- Carpeta meteorológica:
  - Modelos conceptuales,...
- Carpeta técnica:
  - Cobertura del radar y limitaciones
  - Especificaciones de los sistemas y herramientas
    - Resoluciones
    - Retrasos,...



## 5.- Rápido acceso a la información meteorológica

- ¡5 minutos antes, por favor!
- Obs disponibles cuanto antes
- Analiza y minimiza los tiempos para:
  - Reducir el retraso en visualizar los productos y observaciones



- Optimizando los controles de calidad
- Interrogaciones más rápidas a las EMAs
- Radar 5 min
- Procesos de nowcasting óptimos (Recuerde a Voltaire)



¿Cuánto tiempo hace de esa observación?

## 6.- El nowcaster necesita ayuda

- Un equipo de ayuda para:
  - Filtrar los datos
  - Llamar la atención ante datos extremos
  - Vigilar la prensa y las redes sociales
- ➔ Disminuye Probabilidad de cometer errores



Adapted from: Studiostoks / [Shutterstock](#)

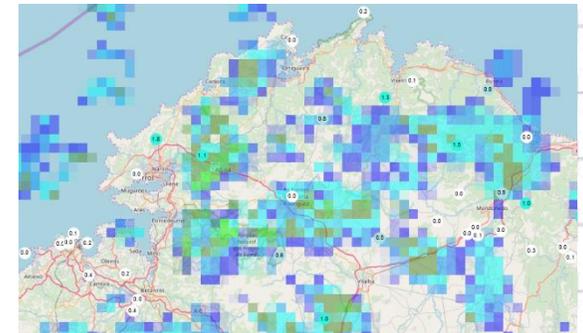
- Un entorno psicológicamente seguro para:
  - El equipo sienta que puede intercambiar ideas
  - Que fluya la información



## 7.- Visualización adecuada en las herramientas adecuadas

Las herramientas para el nowcaster:

- Integradoras pero no “retrasadoras”
- Productos sin costuras (tendencias, acumul.)
- Probabilísticas (prob. > umbrales de usuarios)
- Incertidumbre
- Georeferenciadas
- Amigables e intuitivas
- Ventanas adecuadas para el nowcasting
- Alternativas: SAT para RAD cuando falle o fuera de cobertura



Radar + EMAs en VISOR

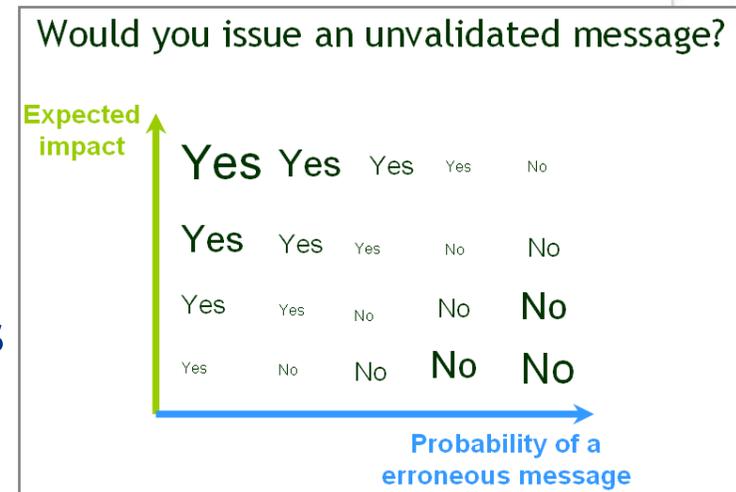
# 8.- La importancia de los mensajes automáticos

- Si adversidad persiste horas → auto mensajes bien venidos



Observaciones superando umbrales	Lluvias	Rachas	Tªbrillo
Fenómenos en la vecindad de áreas sensibles	Rayos	Niebla	Cb
Objetos que van hacia áreas sensibles	Rayos	SAT	RAD

- Validación por el predictor
- ¿Qué hacer si el mensaje no es atendido por el nowcaster? ¿Flag de probabilidad vs impacto?
- ¿Qué pasa si el nowcaster se ve superado por los acontecimientos?  
→ Botón del pánico



# 9.-Verificación

- Nowcasting enraizado al usuario → necesita, también, verificación cualitativa

## ¿Le fue util el nowcasting al usuario?

- Verificación cualitativa
  - Habla con el usuario antes de cada episodio adverso
  - ¿Fue util el nowcasting? ¿Fue puntual?
  - Fuentes de insatisfacción del usuario
- Verificación cuantitativa
  - Teniendo en cuenta los umbrales del usuario
  - Atributos, métricas y gráficos adecuados al usuario
  - Dependiente de la variable y de la observación de referencia



Guidelines for Nowcasting Techniques (WMO-No. 1198)

# 10.- Analisis post-mortem

1. Analiza. ¿Qué es lo que no funcionó?
  - Sin prejuicios
  - No se trata de buscar un culpable
  - Busca cuellos de botellas y mal funcionamiento
2. Localiza las causas
  - Observaciones, procesos, humano



Adapted from  
<http://blog.uvm.edu/farmvia/files/2017/03/premortem-business.jpg>

Pérdida de consciencia situacional por disfunciones como:

- Áreas a vigilar demasiado grandes
- Falta del adecuado entrenamiento
- Exceso de tareas ajenas a la práctica del nowcasting



3. Encuentra o propón una solución
  - Prioridades con óptima relación coste/beneficio
  - Recomendaciones a los desarrolladores y propuestas de testbed
  - Adapta y mejora los modelos conceptuales



# En resumen

1. ¿Para quién es el nowcasting?
2. Nowcasters bien entrenados
3. Organización del trabajo
4. Puesto de trabajo bien adaptado
5. Rápido acceso a la información meteorológica
6. El nowcasters necesita ayuda
7. Adecuadas herramientas y visualización
8. La importancia de mensajes automáticas
9. Verificación
10. Análisis post-mortem

Y ahora, a practicar nowcasting

## NOWCASTING: Claves del futuro (1º)

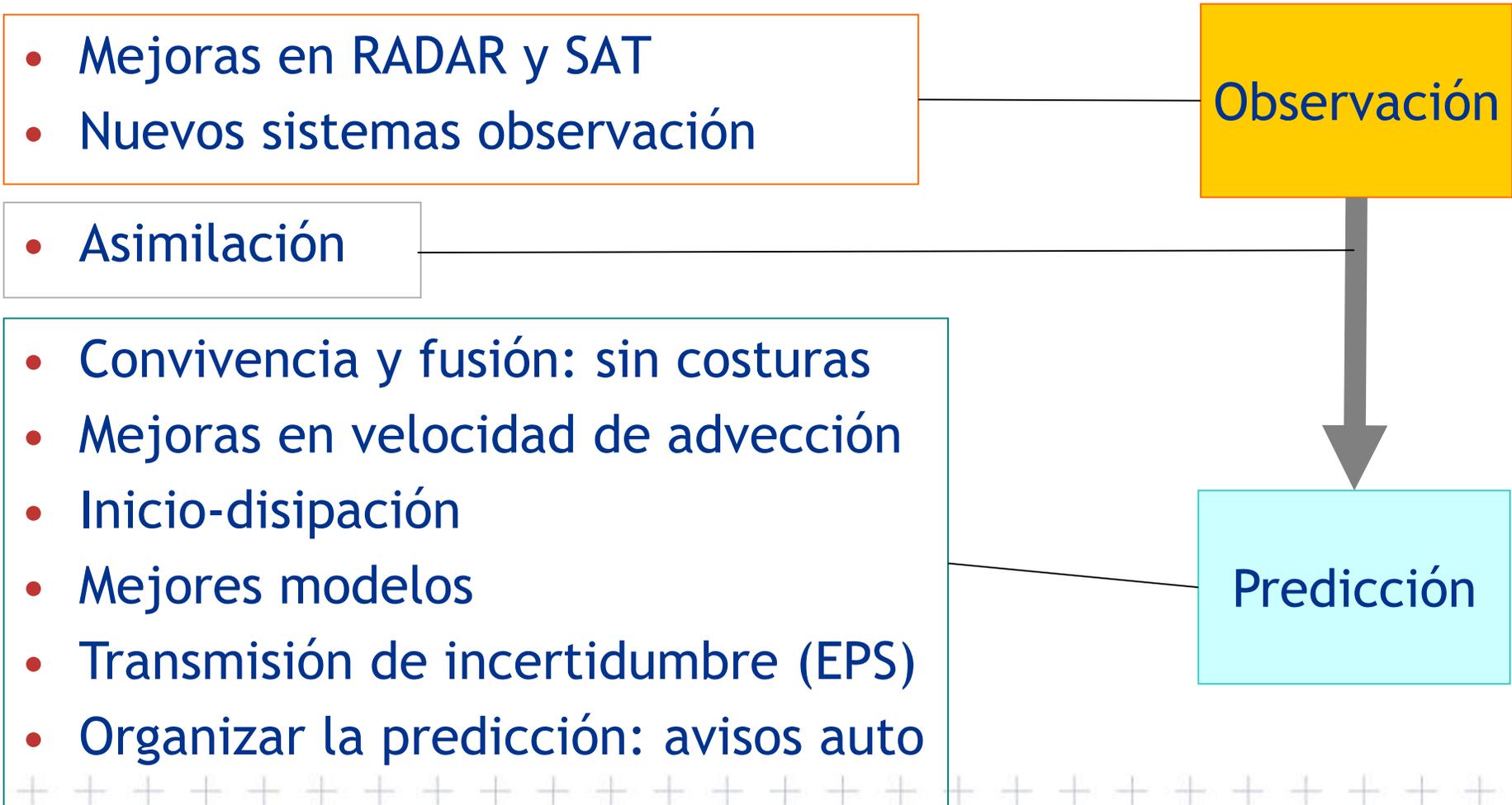
- Mejoras en RADAR y SAT
- Nuevos sistemas observación

- Asimilación

- Convivencia y fusión: sin costuras
- Mejoras en velocidad de advección
- Inicio-disipación
- Mejores modelos
- Transmisión de incertidumbre (EPS)
- Organizar la predicción: avisos auto

Observación

Predicción



## Claves del futuro (2º)

- Muy técnica
- Muy perecedera: puntualidad
- Entrenamiento y desarrollo conjunto
- Aplicaciones toma de decisiones
- Impactos
- Respuesta correcta: ciencias sociales
- Plataformas móviles. Apps.

Predicción

Usuarios



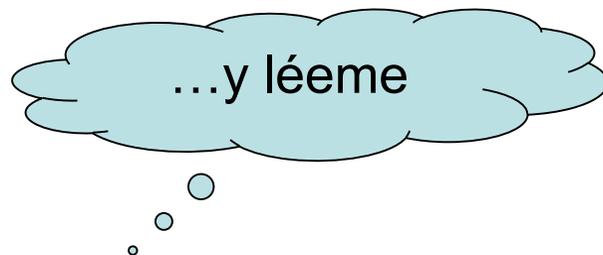
## Claves del futuro (y 3º)

El nowcaster del futuro tendrá que ser experto en:

- estadística,
- ciencias sociales,
- sus usuarios,
- sesgos cognitivos,
- en tomar decisiones rápidas
- ...

¿y en Meteorología? Vale, también le será útil....

# Gracias por su atención



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

**Guidelines for Nowcasting Techniques (WMO-No. 1198)**