



WORLD  
METEOROLOGICAL  
ORGANIZATION



# NOWCASTING

## Decálogo del nowcasting

## Sistemas de nowcasting

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

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

PIB-M 4<sup>a</sup> Edición

# INDICE

- Requerimientos del NWC y el muy corto plazo
- Decálogo del nowcasting basado en vigilancia
- Sistemas de nowcasting

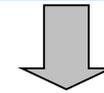
- En la atmósfera hay gran variedad de escalas meteorológicas

  $\Delta X \sim \Delta t$

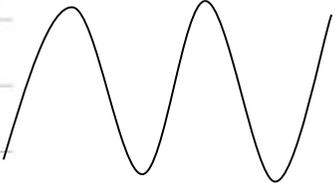
Predicción  $f(\Delta X, \Delta t)$



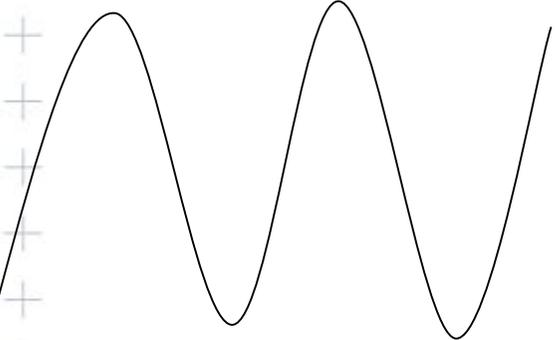
- Nowcasting (primeras h)
- Muy corto plazo (0-12 h)
- Corto plazo (12-48 h)
- Plazo medio (D+3 - D+10)
- ...



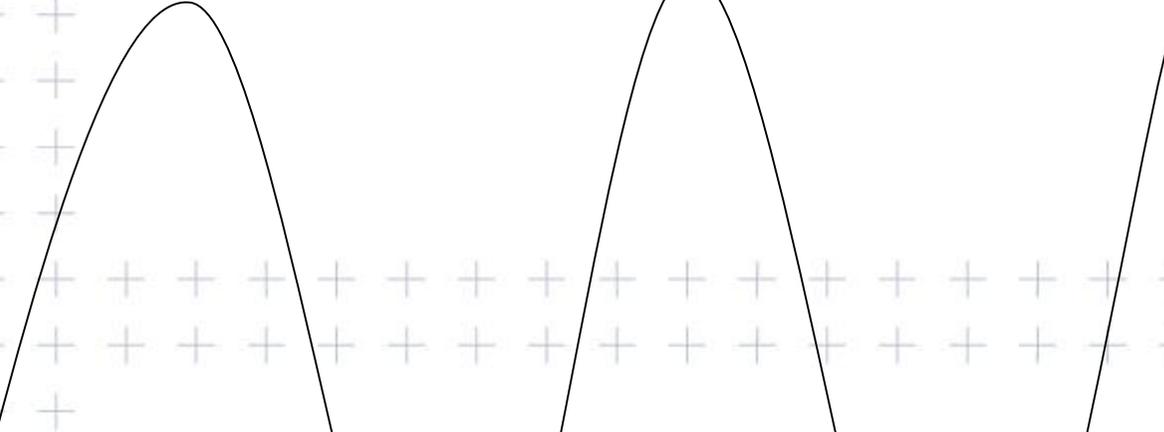
- Sistema observación
- Método de análisis
- Método de predicción
- Medio de difusión

  $\Delta X \sim \Delta t$

$\Delta X \sim \Delta t$

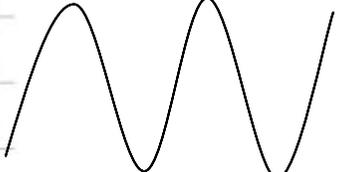


$\Delta X \sim \Delta t$



- En la atmósfera hay gran variedad de escalas meteorológicas

  $\Delta X \sim \Delta t$

  $\Delta X \sim \Delta t$

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

- Mesoescala 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

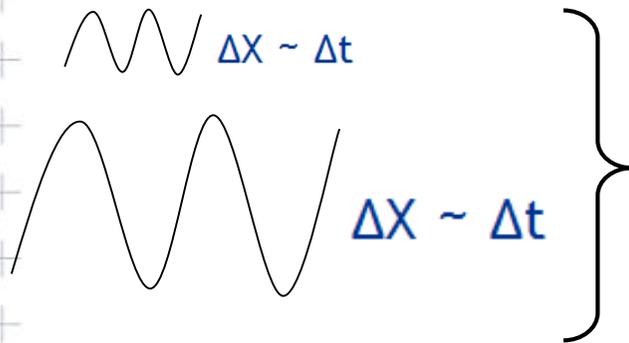
**DIMENSIONADOS** al X-t del fenómeno objeto

## 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 insuficiente aunque mejorando (HARMONIE 2.5km)
  - Disponibilidad de los resultados (varias horas después del análisis)
  - Spin-up.
- **Difusión:** lenta y pasiva

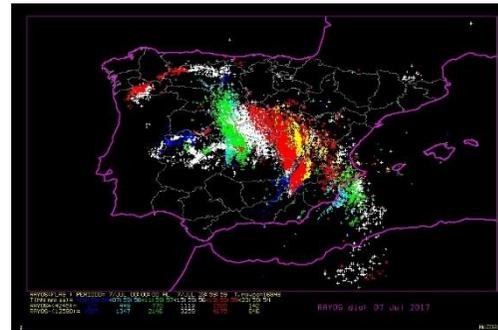
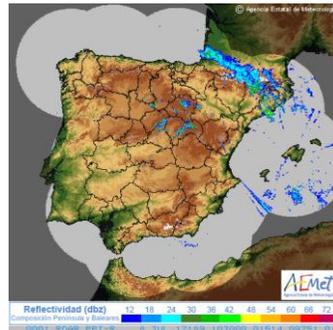
# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 1. Sistema observación



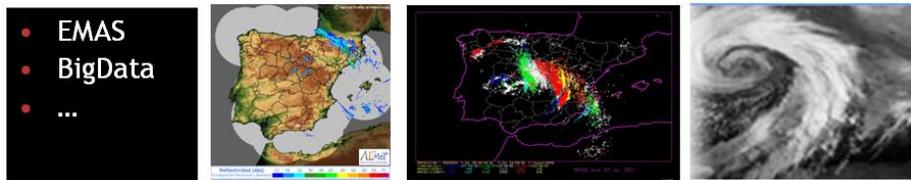
OBSERVACIÓN INTENSIVA (X=Kms, t=minutos)

- EMAs
- Crowd-sourcing
- ...



# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

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

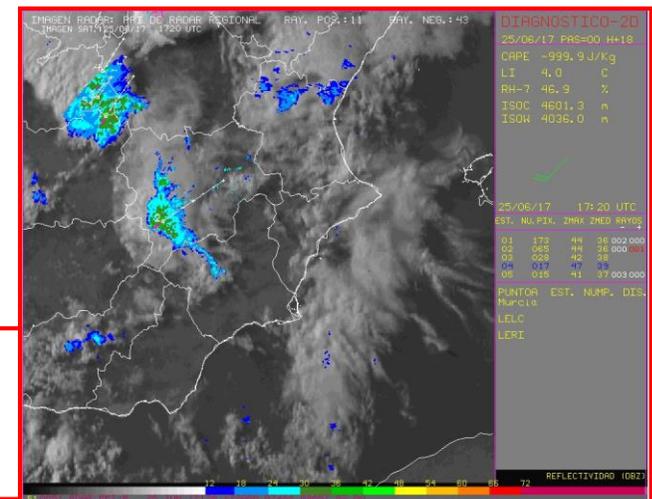


Gran cantidad de datos

Análisis previo a la predicción

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

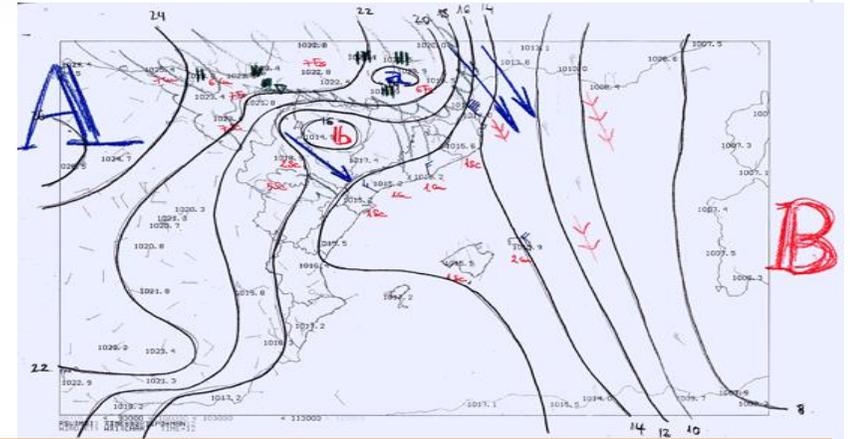
## Análisis mesoescalar



# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 2. Método de análisis

### Dos aspectos del análisis:

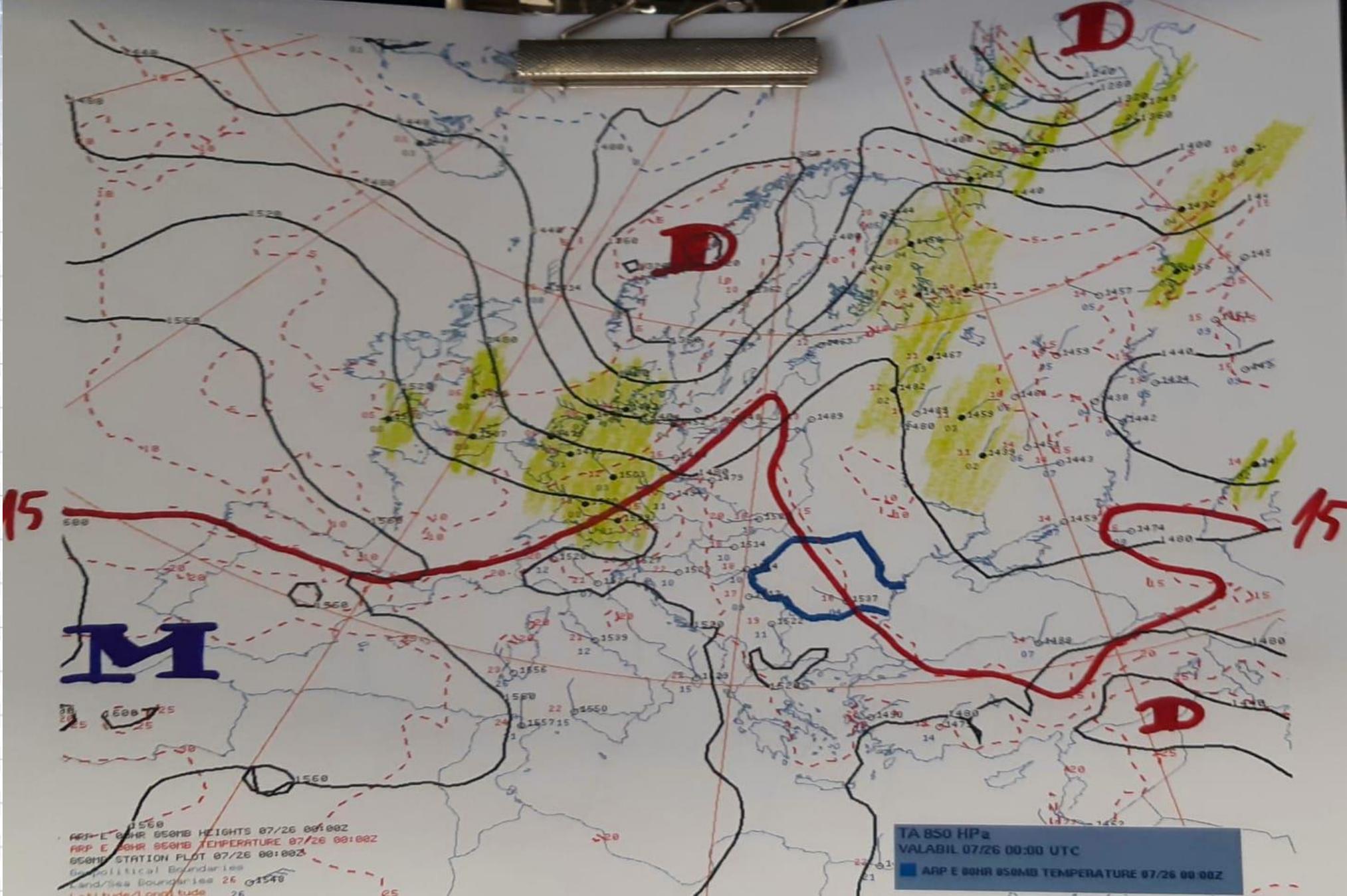


#### I. Para capturar las estructuras mesoescalares

- 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)

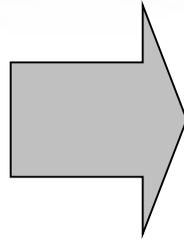


Análisis objetivo de T850 en el SM de Rumanía 26 julio 2022, resaltando zonas de interés.

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

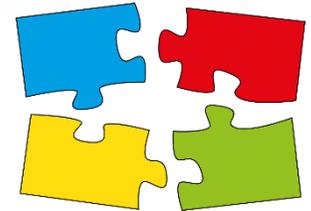
2. Análisis

3. Predicción



¿Comprendo lo que está pasando?

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



# 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

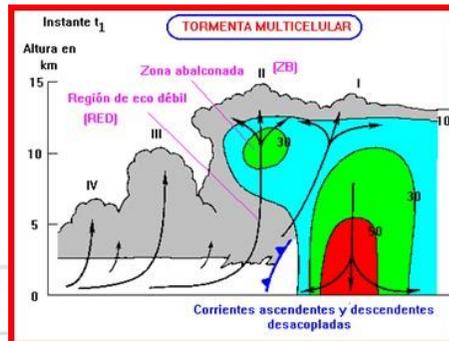
Queda mucho trabajo por hacer.....

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción

### MÉTODOS DE PREDICCIÓN EN EL MUY CORTO PLAZO

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



# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

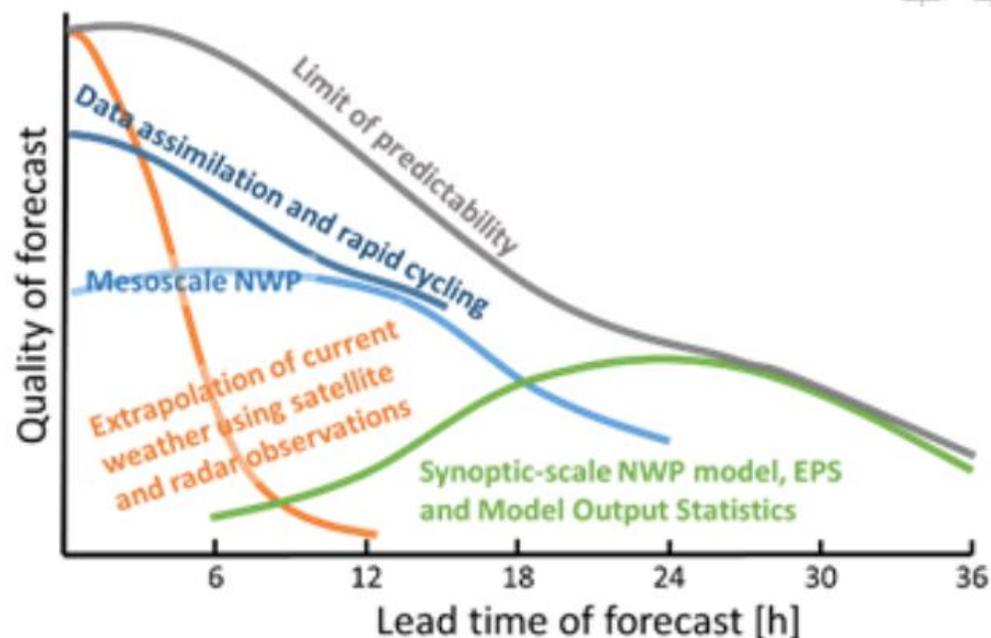
## 3. Predicción. Métodos

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

### Towards nowcasting in Europe in 2030

Stephan Bojinski<sup>1</sup> | Dick Blaauboer<sup>2,3</sup> | Xavier Calbet<sup>4,5</sup> | Estelle de Coning<sup>6</sup> | Frans Debie<sup>3</sup> | Thibaut Montmerle<sup>7</sup> | Vesa Nietosvaara<sup>1</sup> | Katie Norman<sup>8</sup> | Luis Bañón Peregrin<sup>4</sup> | Franziska Schmid<sup>2,9</sup> | Nataša Strelec Mahović<sup>1</sup> | Kathrin Wapler<sup>10</sup>

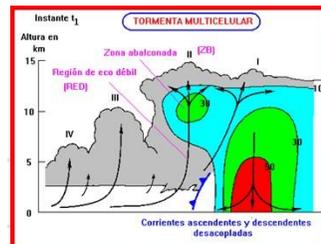


Esquema mostrando la calidad de la predicción en función del tiempo para diferentes métodos.  
Figura adaptada de Browning (1980)

# 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**

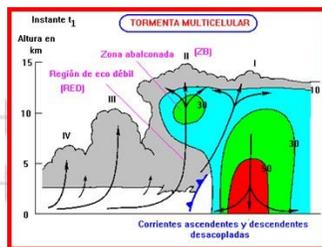


# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 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>warning</i> (actúa)	Principalmente <i>watch</i> (prepárate)
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

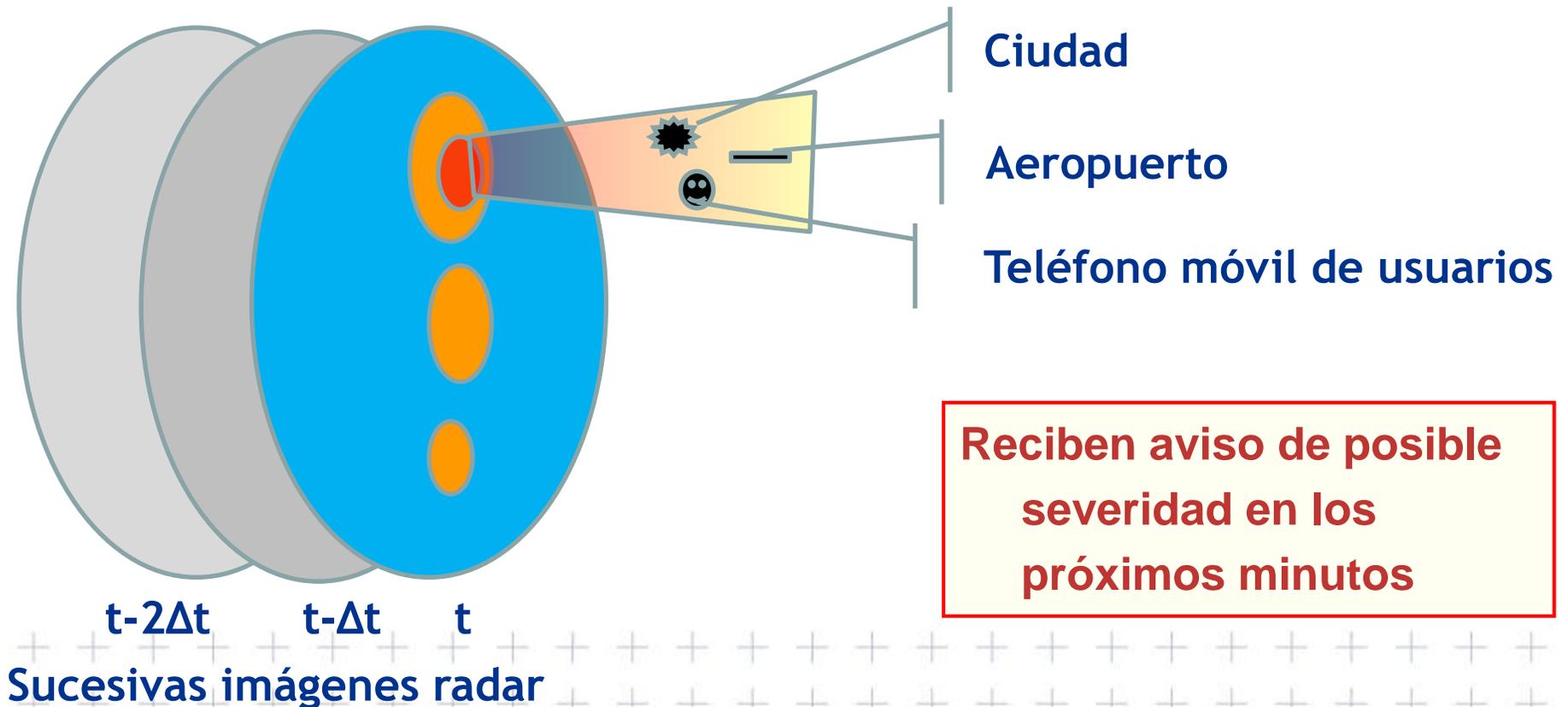
Fenómeno meteorológico	Validez de la extrapolación
Downburst/tornado	1 o varios minutos
Tormenta individual	5 a 20 minutos
Tormenta severa	10 min a 1 hora
Tormenta organizada meso	1 a 2 horas
Vientos fuertes orográficos	1 o varias horas
Paso de sistemas frontales	Varias horas

Doswell (1986)

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

• Polígono MANUAL de aviso tiempo severo



# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

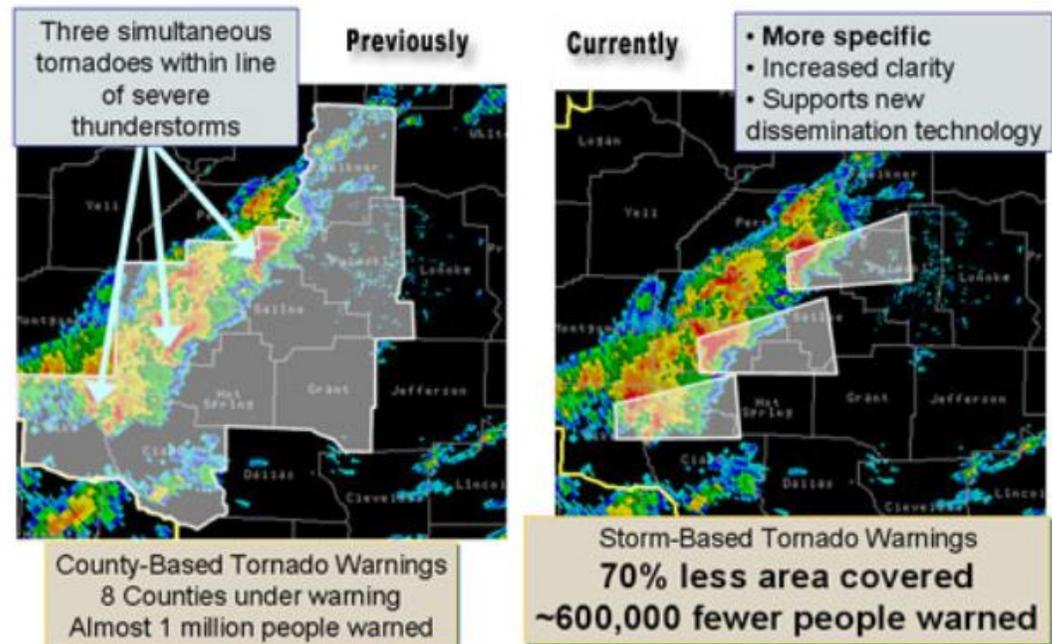
## 3. Predicción. Métodos

### • Storm-Based Warning (SBW)

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



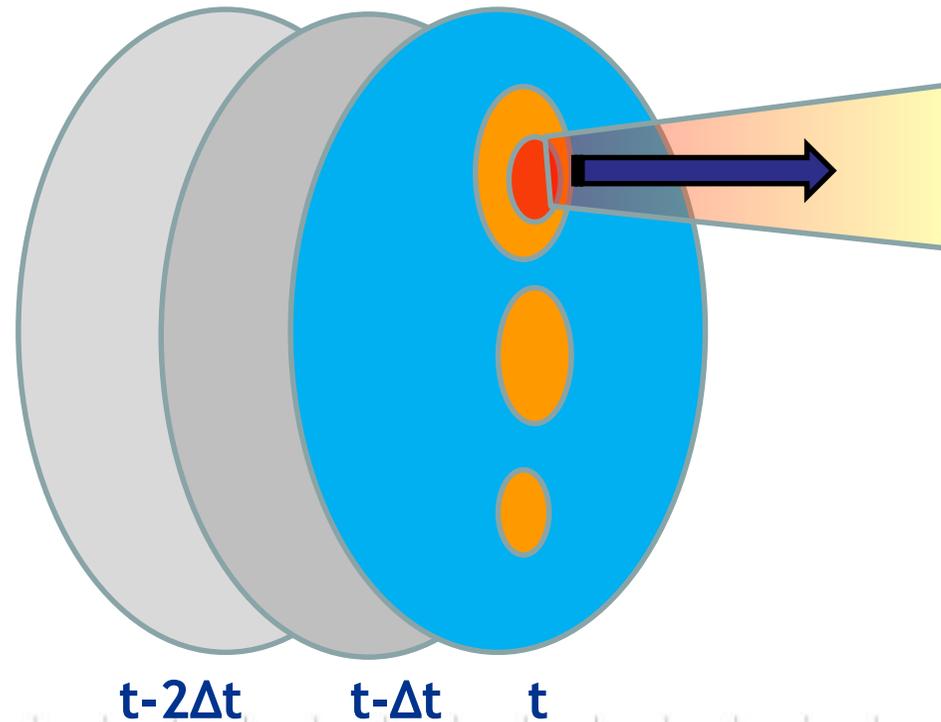
1. El predictor selecciona el polígono (Dónde).
2. Redacta el mensaje (Qué y Cuándo)
3. Distribución automática a usuarios: móviles, radios, web, etc.



# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- Extraplación AUTO de célula convectiva



Sucesivas imágenes radar

Del movimiento previo de la célula se infiere el vector de desplazamiento de la célula

# 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  $\downarrow$

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

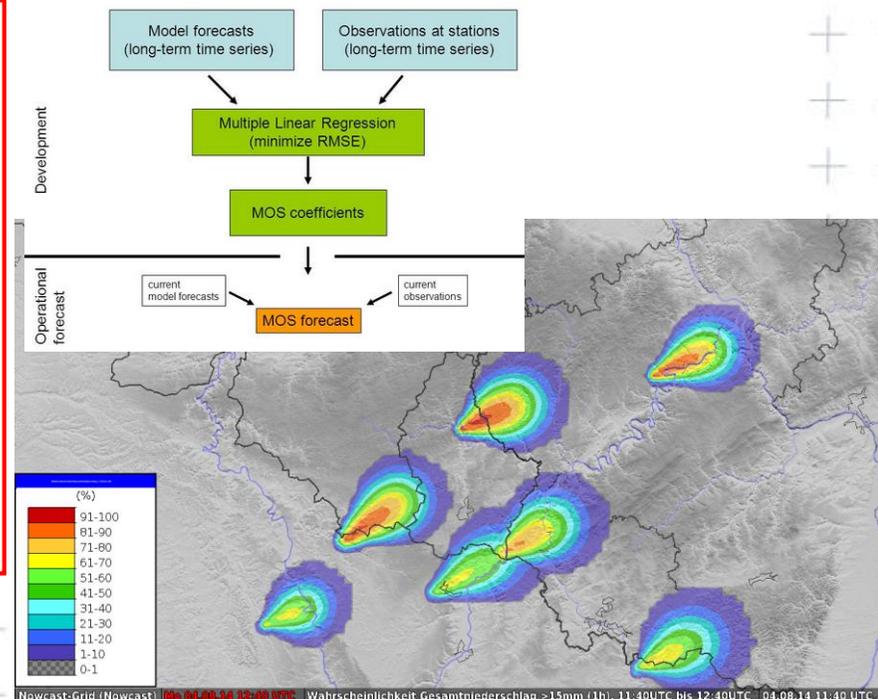
## 3. Predicción. Métodos

- 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 cada 5 min.
- **Detección de células** >37/46/53 dBz => propiedades y asignación de rayos.
- **Detección y predicción de granizo:** ecuación de regresión basado climatología del tamaño de granizo, Rx y n<sup>o</sup> rayos por CellMOS.



# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

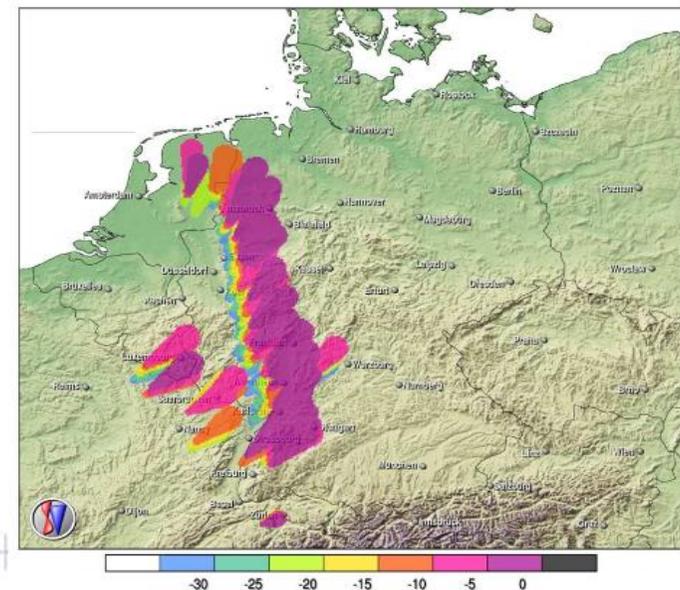
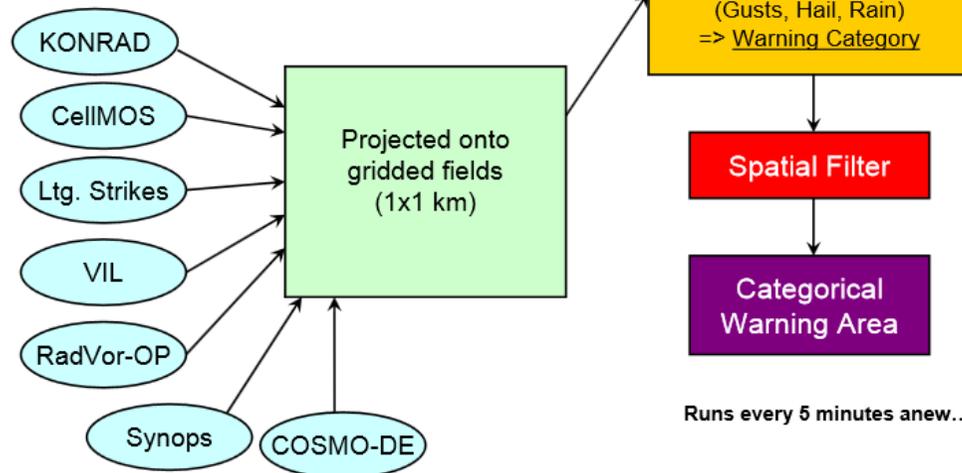
- Extrap. determinista de la Pcp-Radar

**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 del NWC y el muy corto plazo

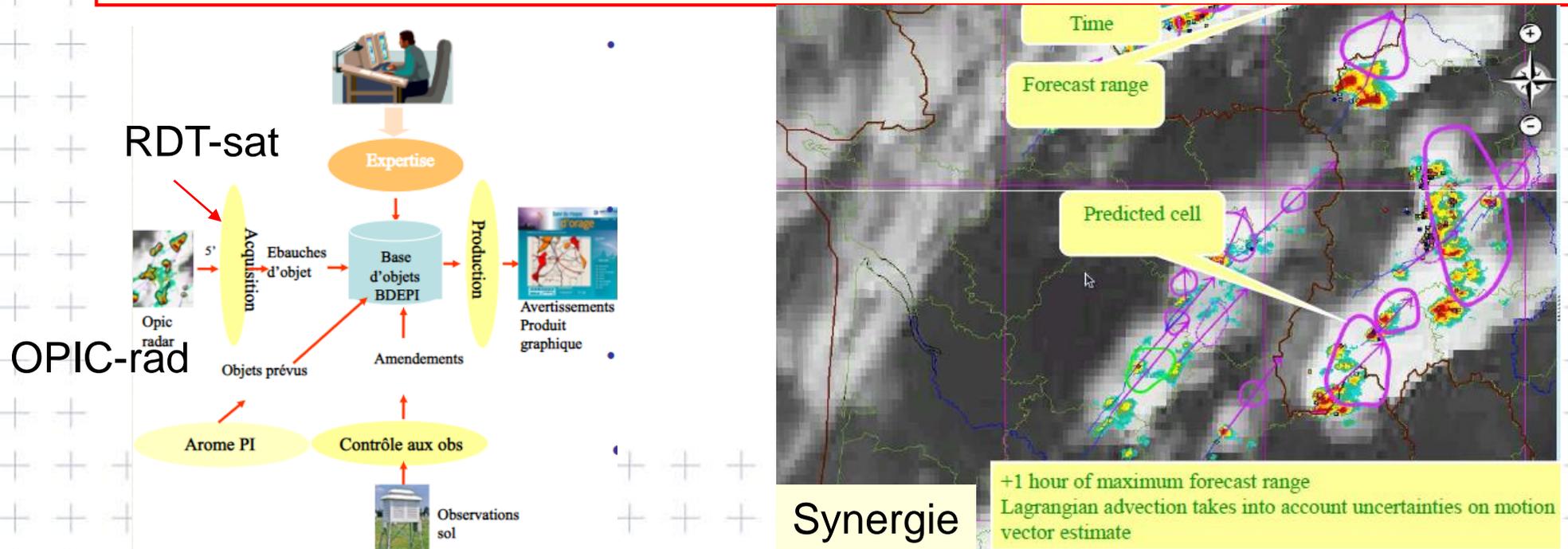
## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. determinista de la Pcp-Radar

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

**OPIC** (*Objets pour la Prévision Immédiate de la Convection*. MeteoFrance).

Fusión de datos con posibilidad de incluir la experiencia del predictor.



# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

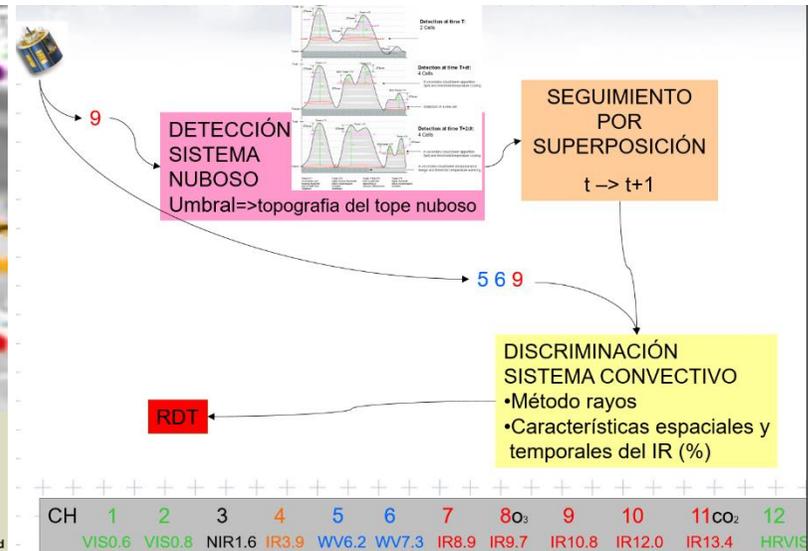
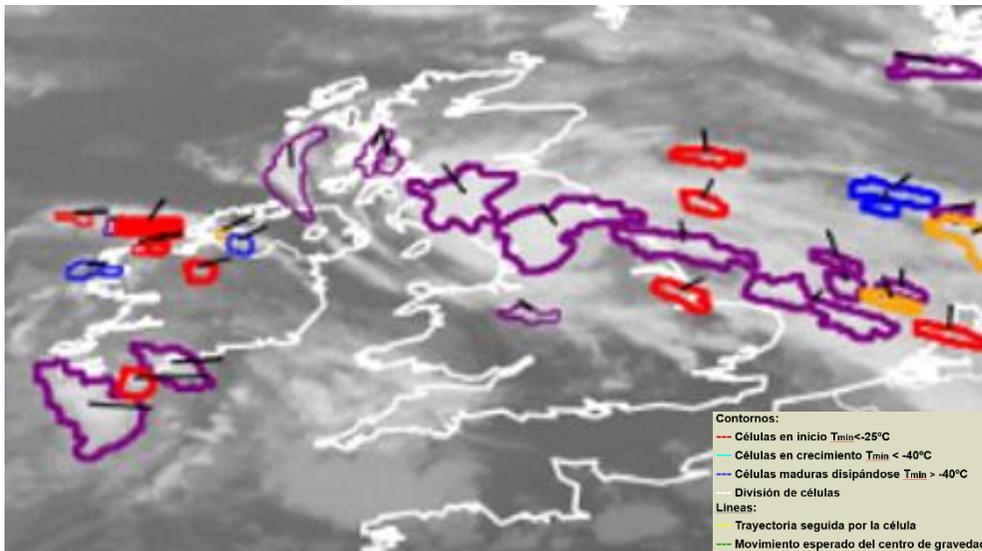
## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. determinista de la Pcp-SAT

### Seguimiento de células convectivas

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

Identificación, seguimiento y extrapolación.



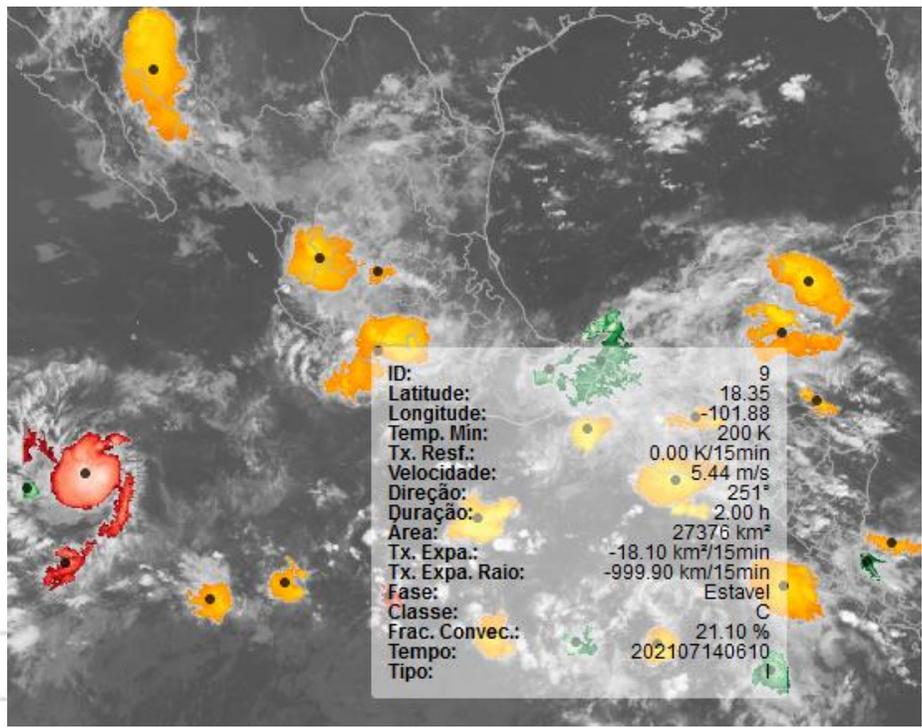
# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 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



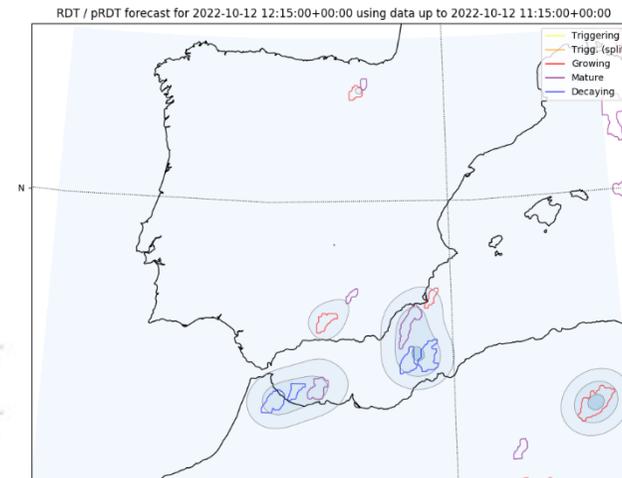
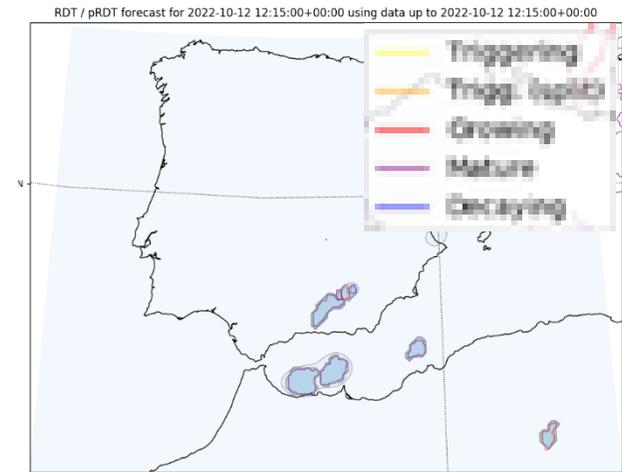
# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. “Probabilista” de la Pcp-SAT

**Seguimiento de células convectivas  
RDT con incertidumbre  
(SAFNWC METEOSAT).**

- Niveles de probabilidad de encontrar una tormenta junto a la predicción determinista del RDT
- Próxima hora



**En pruebas**

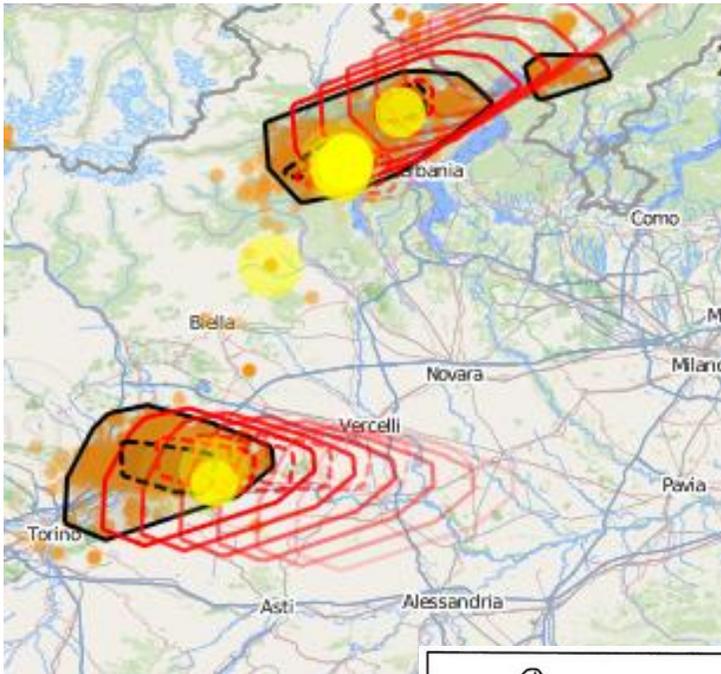
Robust aircraft trajectory planning under uncertain convective environments with optimal control and rapidly developing thunderstorms

Daniel González-Arribas<sup>a,\*</sup>, Manuel Soler<sup>a</sup>, Manuel Sanjurjo-Rivo<sup>a</sup>, Maryam Kamgarpour<sup>b</sup>, Juan Simarro<sup>c</sup>

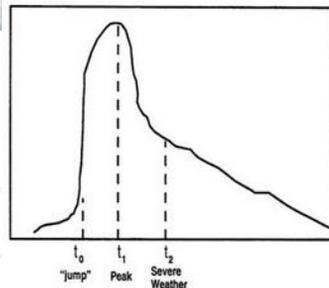
# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

### • Extrapolación de objetos de rayos



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



### Nowcast.de

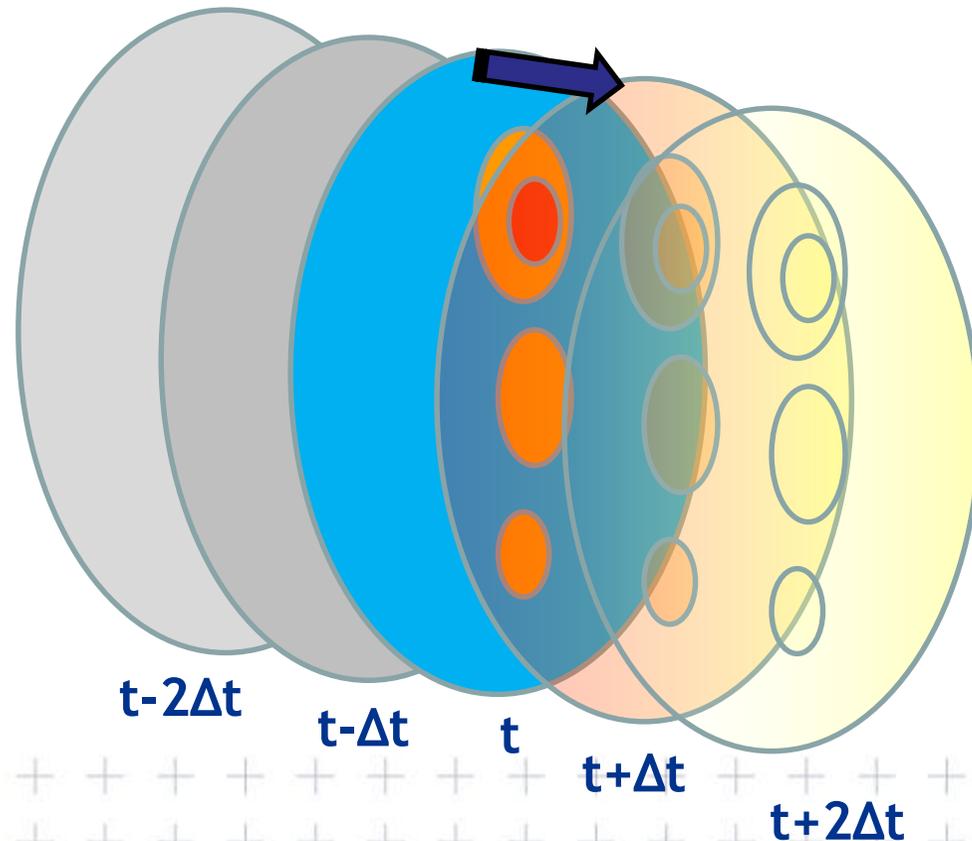


1. Agrupa rayos en **polígonos** dando: tamaño, nº y densidad de rayos, y altitud media de los intranube.
2. rTNT. Tras cada rayo se actualizan los **parámetros** de la célula, dando intensidad de la tormenta y el riesgo de granizo.
3. Se **extrapola** en función de la intensidad y tendencia de la tormenta.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

# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- Extraplación AUTO del campo radar



Sucesivas imágenes radar

Del movimiento previo del campo se infiere el vector de desplazamiento del campo

# Requerimientos del NWC y el 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.

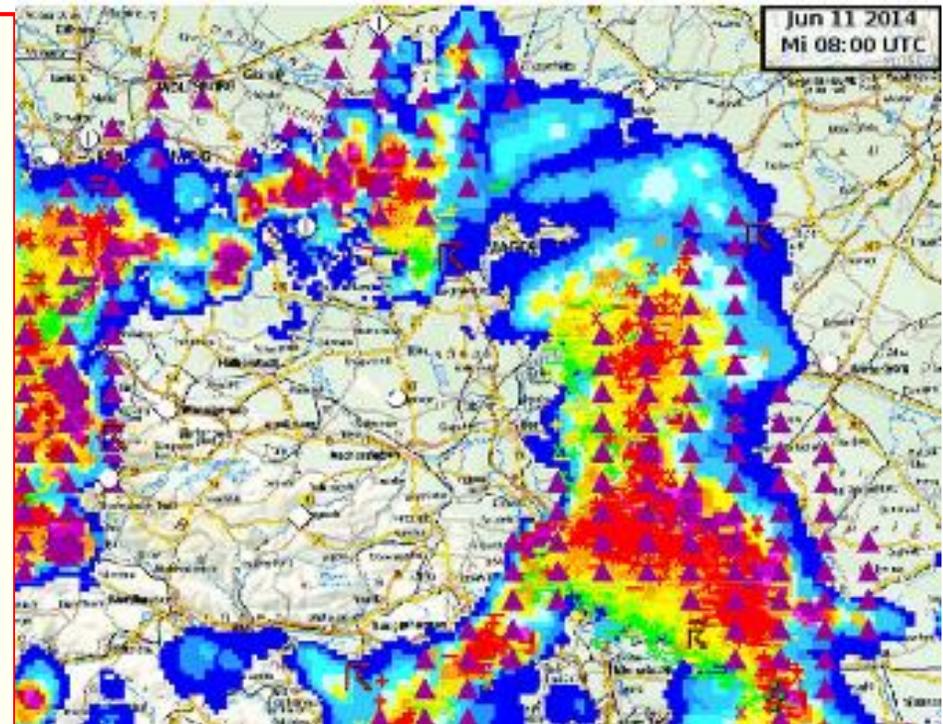
# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 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)
- Técnica de reconocimiento de formas a distintas resoluciones espaciales



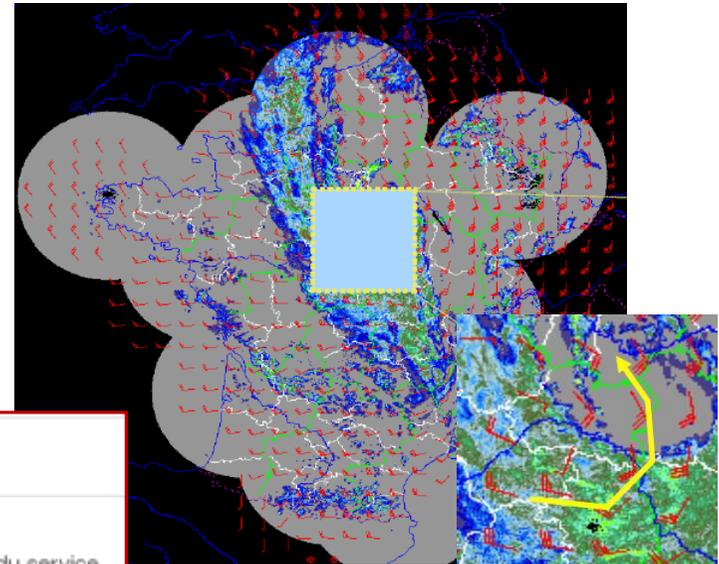
# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. determinista de la Pcp-Radar

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

- Aplicación en Meteo.fr
- Intens.=cte y no efectos del relieve



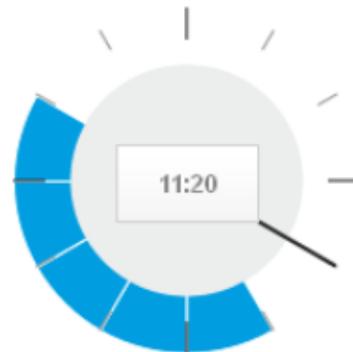
### ¿Va a llover en la próxima hora?

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

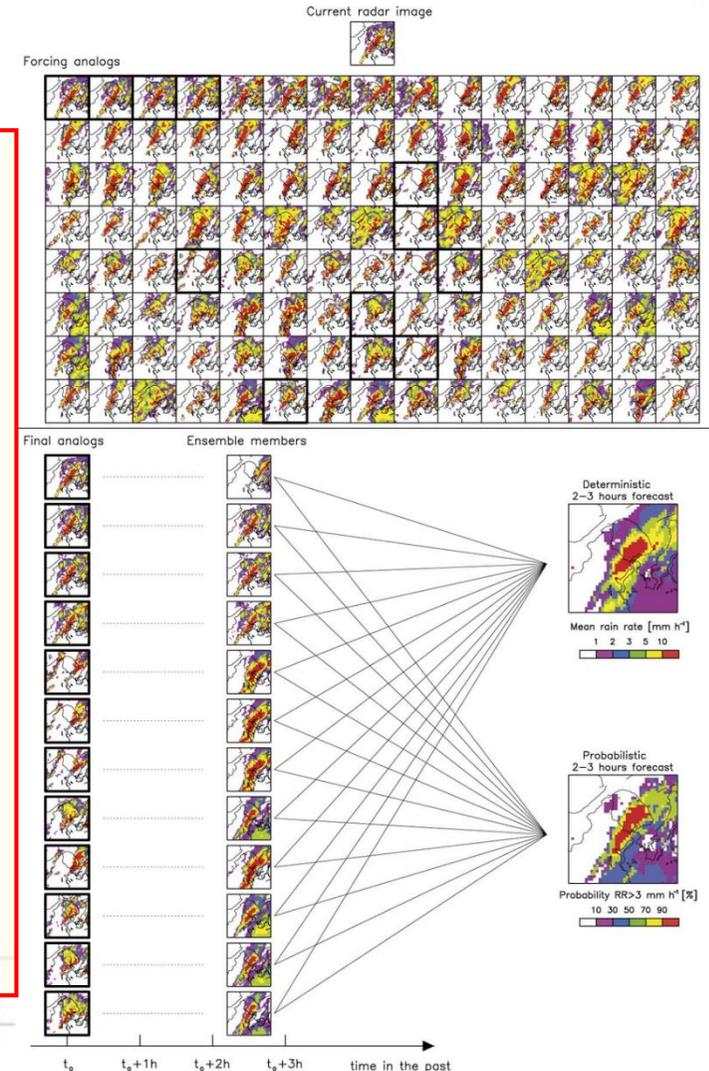
# Requerimientos del NWC y el muy corto plazo

## 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

[WEPV - Web de Aplicaciones Apoyo a la Predicción y Vigilancia \(aemet.es\)](http://aemet.es)

## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. determinista de la Pcp-Radar

### Extrapolación de campos

#### NOWCASTING SRI (AEMET). Canarias

- Flujo óptico (*rainymotion* del DWD)

- Se asume intensidad cte

$$I(x, y, t) = I(x + \Delta x, y + \Delta y, t + \Delta t)$$

- Taylor y límite =>

$$\frac{\partial I}{\partial x} V_x + \frac{\partial I}{\partial y} V_y + \frac{\partial I}{\partial t} = 0$$

- Incog > ecuac => restricciones al flujo óptico (OFCs)
  - Extrapola 120 min

- Limitaciones

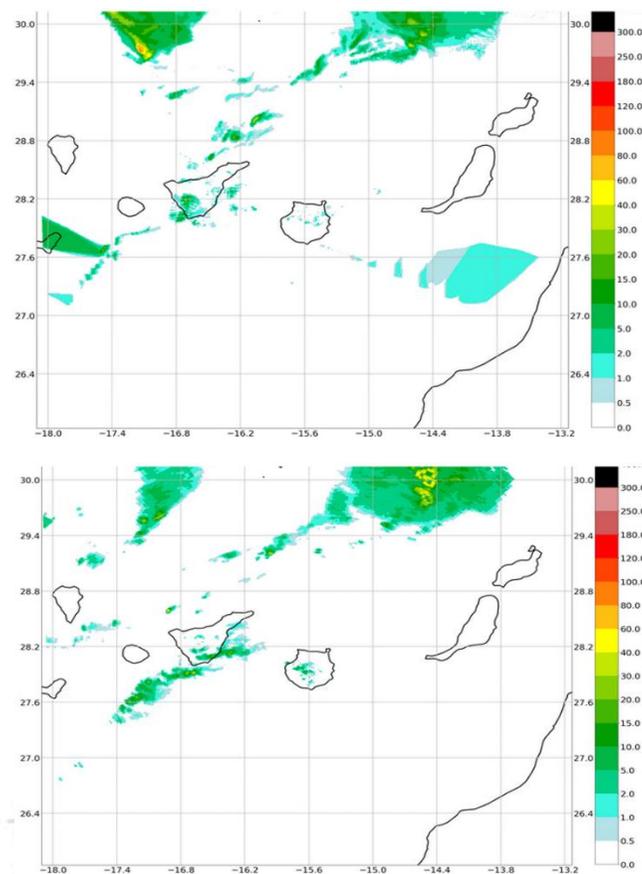


Figura 3. Arriba: SRI predicho por *rainymotion* para las 0910 UTC por utilizando el SRI de las 0750 y 0800 del día 07/01/2021. Abajo: SRI captado por el radar para la misma hora, las 0910 UTC del 07/01/2021.

# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

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

## 3. Predicción. Métodos

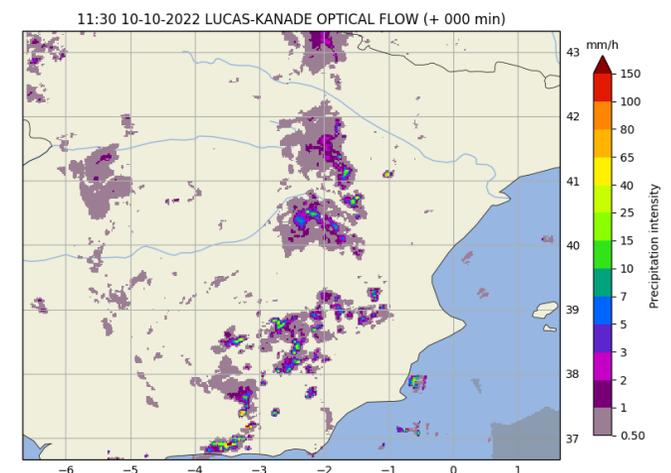
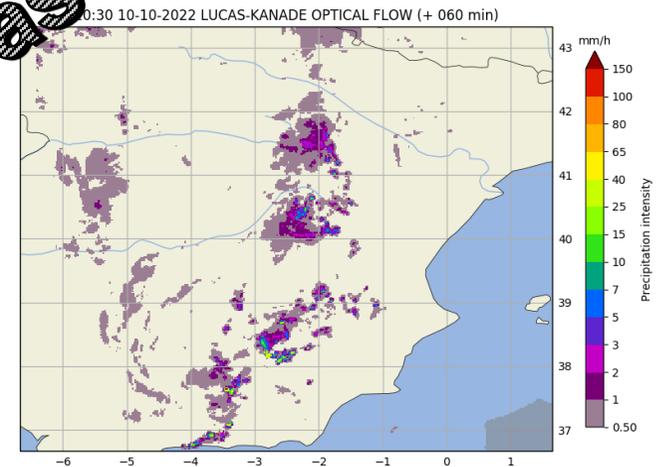
- Extrap. determinista de la Pcp-Radar

### Extrapolación de campos

#### AEMET NOWCAST OPERA L-K

- Flujo óptico (*PySTEPS*)
- Lukas-Kanade (restricción local)
- => flujo cte en la vecindad del pixel, y resuelve las ec FO para los píxeles vecinos mediante mínimos cuadrados, ponderando lo píxeles más cercanos

En pruebas



Arriba, nowcast a +60 min.  
Abajo, observación radar

# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

Advecció radar - Servei Meteorològic de Catalunya | Meteocat

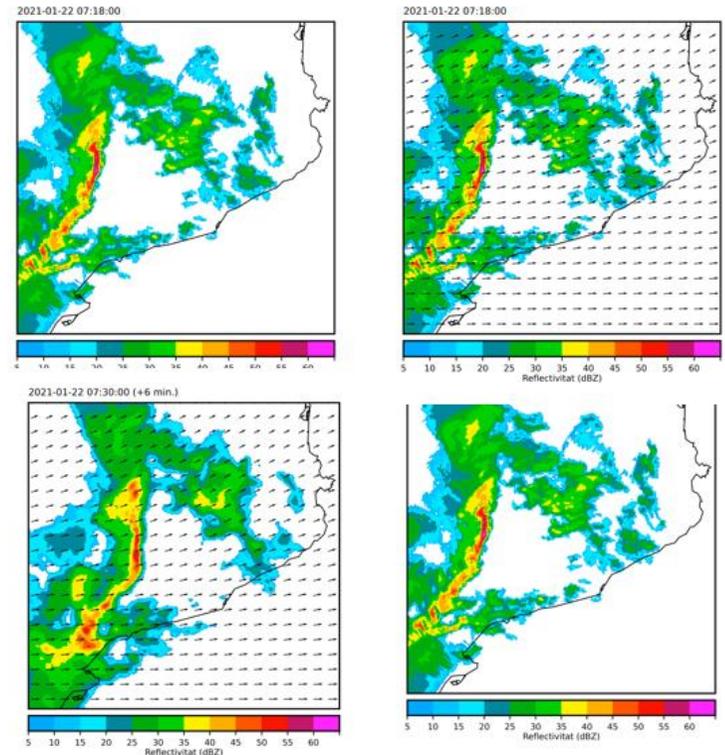
## 3. Predicción. Métodos

- Extrap. determinista de la Pcp-Radar

### Extrapolación de campos

#### Advecció RADAR (METEOCAT)

- *Short-Term Ensemble Prediction System*
- Flujo óptico (*PySTEPS*) a  $I_{pcp}$  (mm/h)
- ¿Método? ¿Mediana EPS?
- 1h de extrapolación



1- Se necesitan las 3 imágenes previas

2.-Se calcula en campo de movimiento

3.-Se aplica el c. mov a la última imagen y se proyecta la pcp a una hora vista en intervalos de 6 minutos

4.-Se obtiene el producto final y se convierte en  $I_{pcp}$

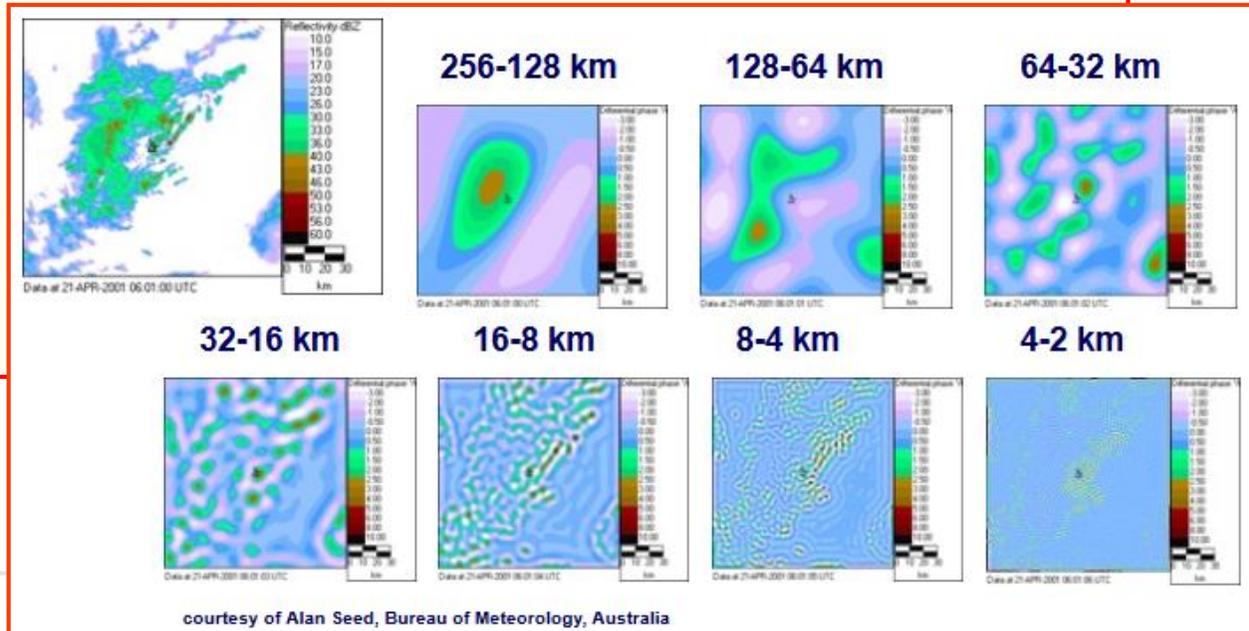
# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 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

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

## 3. Predicción. Métodos

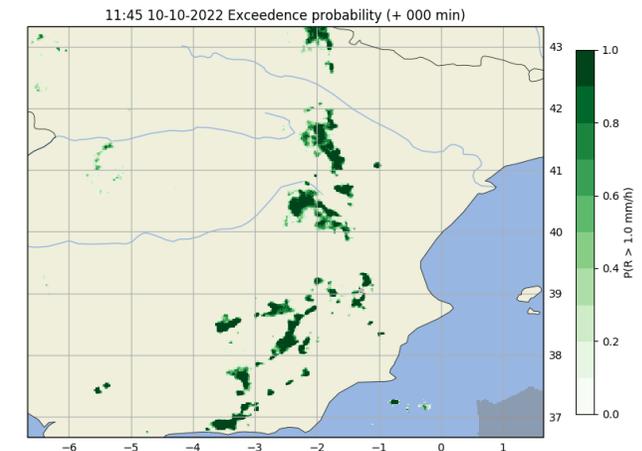
- Extrap. probabilista de la Pcp-Radar

### Extrapolación de campos

#### AEMET NOWCAST OPERA STEPS

- *Short-Term Ensemble Prediction System*
- Flujo óptico (*PySTEPS*) a  $I_{pcp}$  (mm/h)
- Lukas-Kanade (restricción local)
- => flujo cte en la vecindad del pixel, y resuelve las ec FO para los píxeles vecinos mediante mínimos cuadrados, ponderando lo píxeles más cercanos

En pruebas



Arriba, nowcast de prob >1mm/h en+60 min.  
Abajo, observación radar

# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

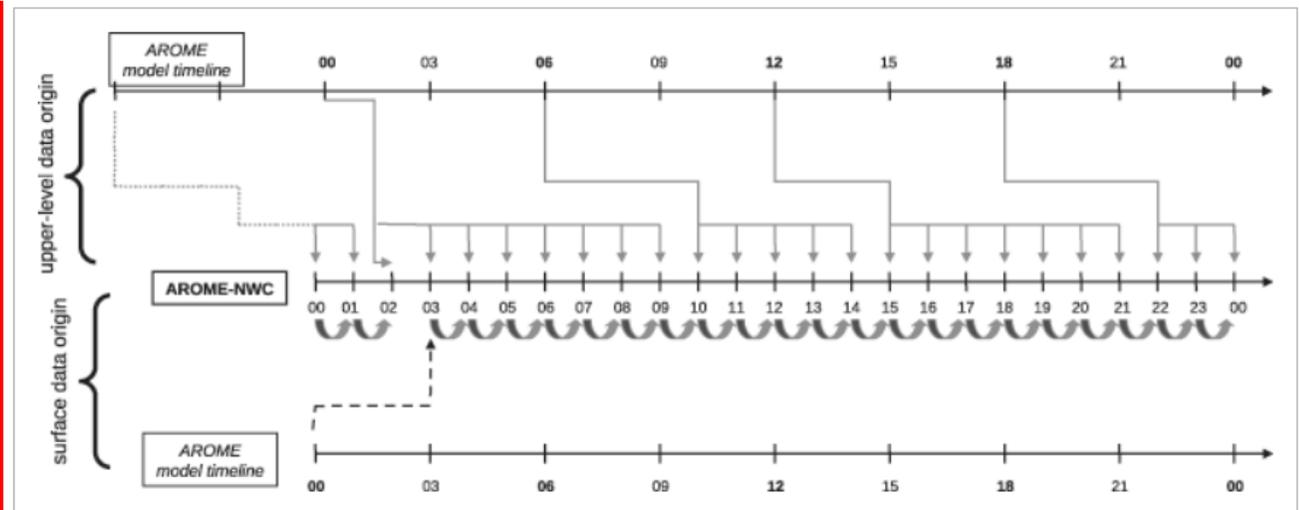
## 3. Predicción. Métodos

### • 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 a 1.3km
- Asimila radar cada hora.
- Spin-up 20 min
- Disponible 35 min



Para tormentas, niebla e impacto urbano de olas de calor

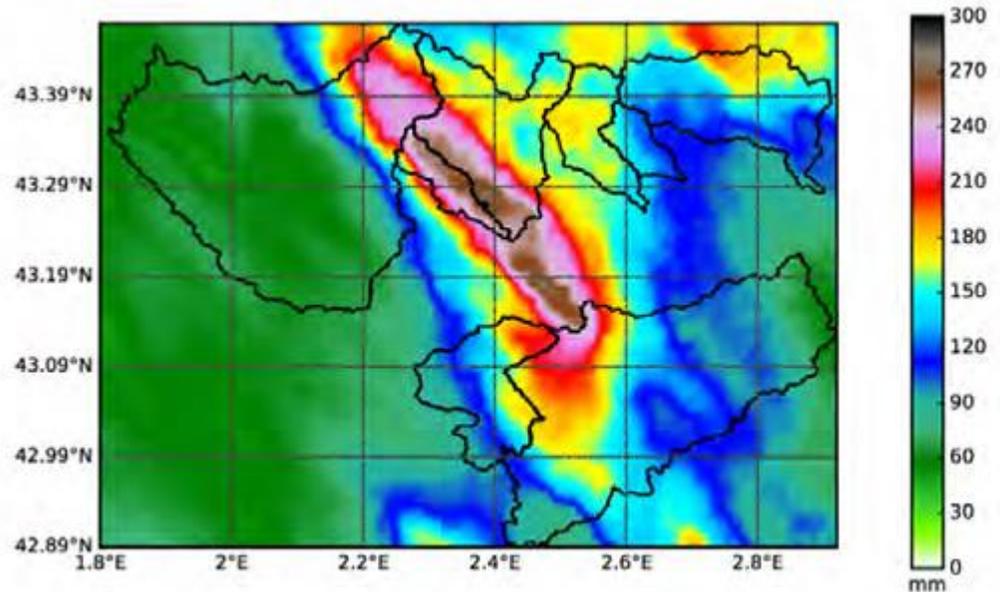
# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

- “Sin costuras” (*Seamless*)

- Extrapolación de radar las 1<sup>a</sup> horas, luego NWP
- Ejemplo: **PIAF Météo-France**

- Pcp rad extrapoladas (Mejor hasta 1.15h)
- AROME-PI
- 0-3 h
- Útil para hidrología



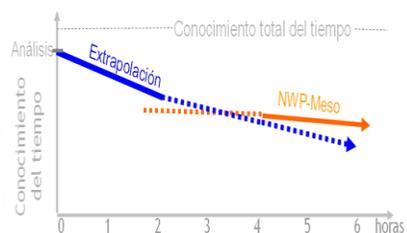
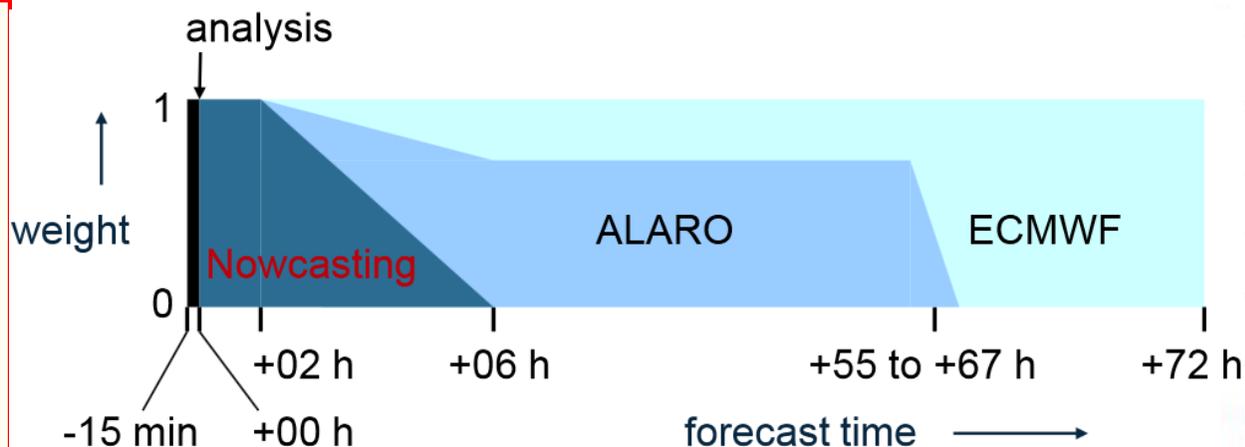
# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

• “Sin costuras” (*Seamless*)

- Extrapolación de radar y satélite las 1ª horas, luego NWP
- Ejemplo: **INCA** del **ZAMG**

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



# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

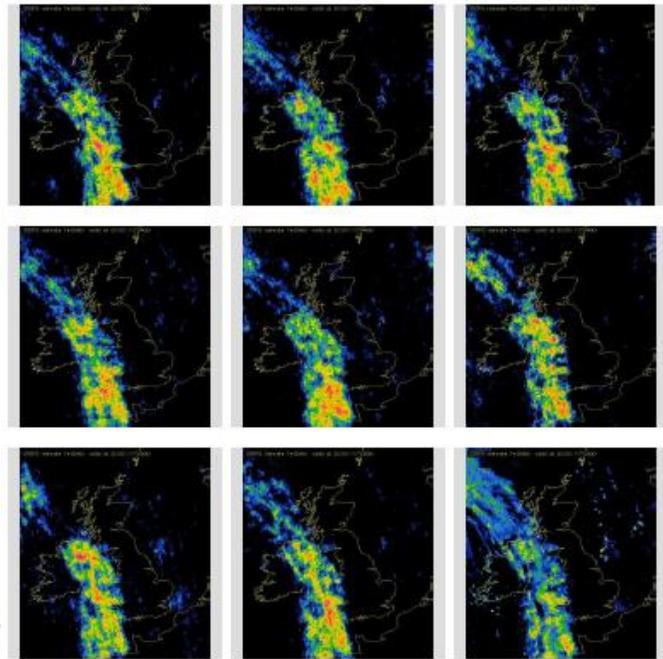
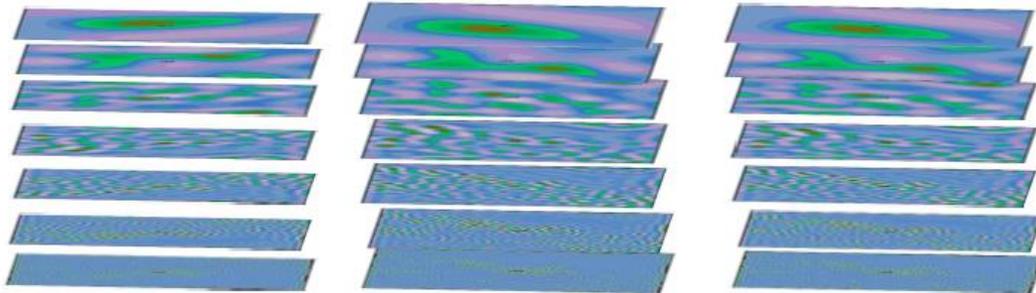
## 3. Predicción. Métodos

• “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



Control

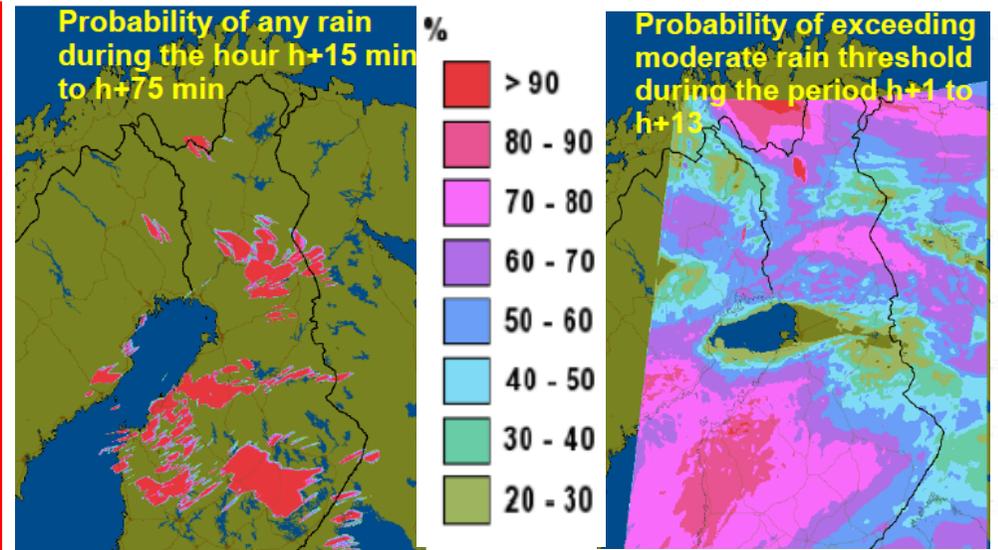
# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

## 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 de la predicción a muy corto plazo

## 3. Predicción. Métodos

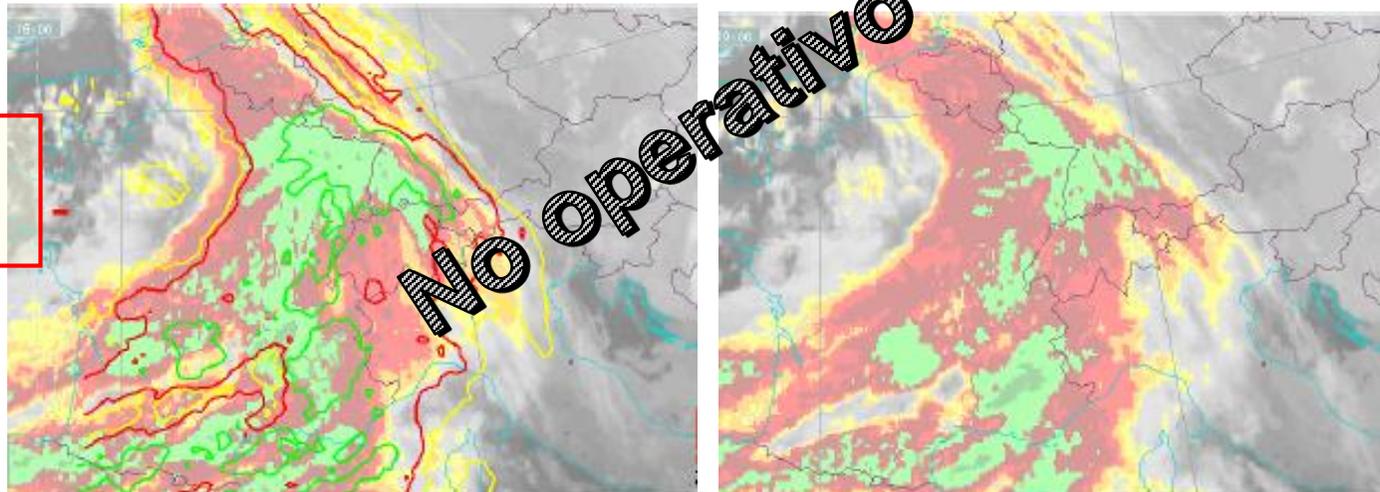
- Extrapolación de nubes: NWC radiación

### 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

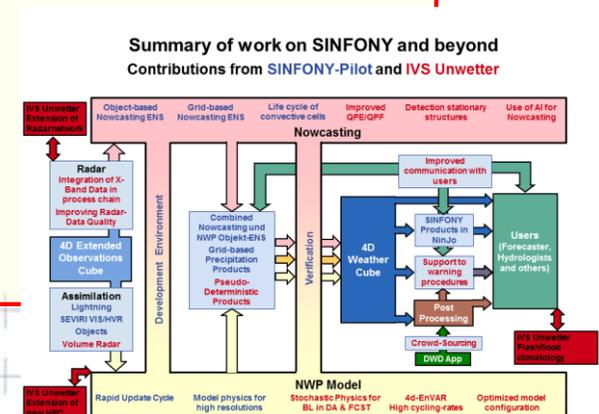
- Probabilistas sin costuras

### SAPHIR, Seamless Probabilistic System (ZAMG-GeoSphere)

1. 1 km resolución, actualizado cada 10 min, hasta varias horas-días
2. Integración probabilista de observaciones: ensemble análisis
3. Ensemble nowcasting
4. RUC, EPS, NWP regionales det y EPS, global.

### SINFONY, Seamless INtegrated FOrcastiNG System (DWD)

1. Además, incluye
  1. Ensembles de objetos
  2. Probabilidades basadas en eventos
  3. Productos pseudo-deterministas.



# Requerimientos de la predicción a muy corto plazo

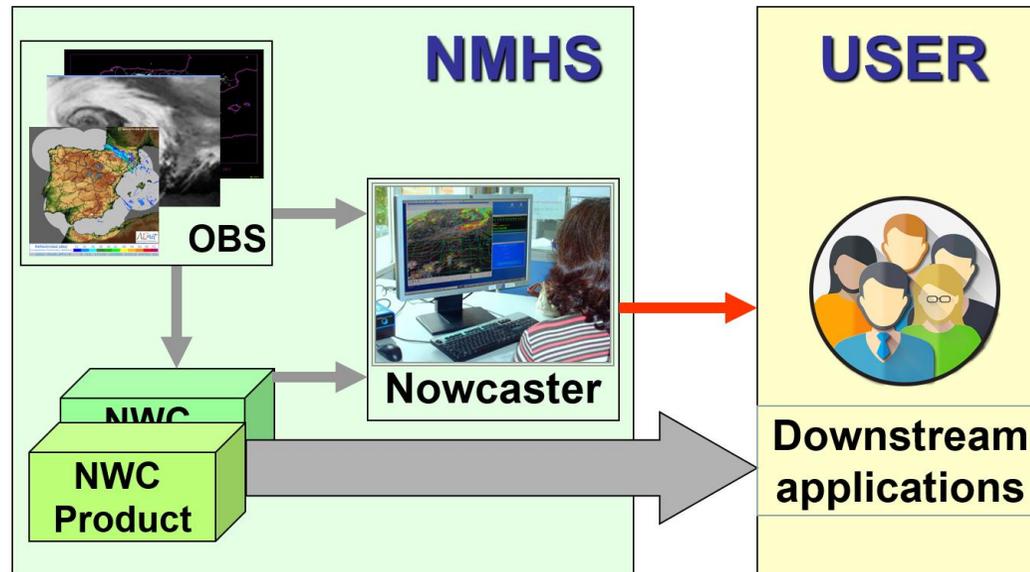
## 4. Difusión de la predicción

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,...)



# La importancia de un equipo de nowcaster

Nowcasters solo requeridos para situaciones de alto impacto



Necesidades de los usuarios satisfechas con productos en sus “*downstream applications*”

Nowcasters para las situaciones más difíciles

- => Algunos puntos que facilitan la tarea

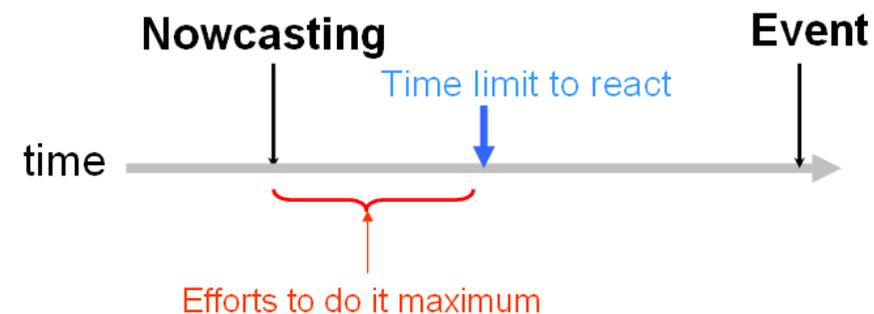
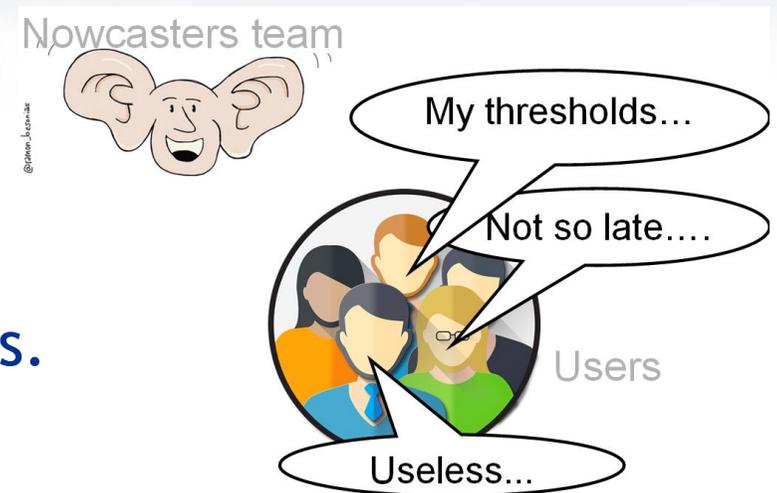
# 1.- ¿Para quién es el Nowcasting?

## • Porque el Nowcasting...

- No es fácil de entender
- Caduca enseguida
- Está orientado a puntos o zonas.
- Implica acción

## ➔ Relación con usuarios

- Hablemos con ellos
- ¿Qué necesitan? Y ¿Cómo?
- ¿Nos conocen?
- ¿Tiempos de reacción?
- Actividades conjuntas



Trabajemos en aumentar estos tiempos

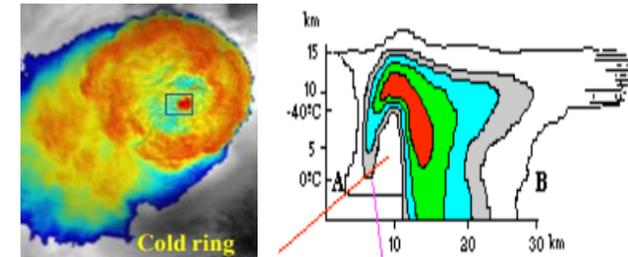
## 2.- Nowcasters con los conocimientos adecuados

- Ciencia. ¿Cómo funciona??

$$\left( \nabla^2 + \frac{f_0^2}{\sigma} \frac{\partial^2}{\partial p^2} \right) \omega = \frac{f_0}{\sigma} \frac{\partial}{\partial p} \left[ \vec{v}_g \cdot \bar{\nabla} (\zeta_g + f) \right] + \frac{1}{\sigma} \nabla^2 \left[ \vec{v}_g \cdot \bar{\nabla} \left( -\frac{\partial \Phi}{\partial p} \right) \right]$$

- Modelos Conceptuales (MC): RÁPIDA indicación de tiempo severo
  - RAD: WER, BWER, altos Z o gradZ o Zx, mesociclón, mov anómalo, etc.
  - SAT: Overshooting, U-V shapes, [AACP](#), Cold Rings, Flanking Lines,
  - LIGHTNING: LJ,...
  - MC adaptados a zonas y sistemas de observación

**ELABORA TUS PROPIOS MC**



- Impactos esperados: ¿Dónde?

- Información clave al alcance de la mano



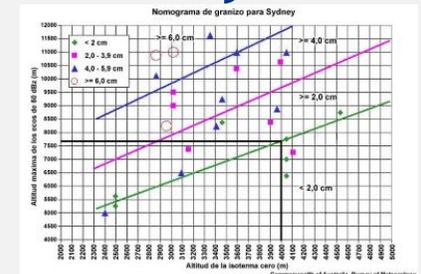
# RADAR. Indicadores de severidad en tormentas

## Altura máxima del eco de 50 dBZ

- Sobre n. congelación => granizo probable (y posible viento fuerte)
  - Vigila iso-0° y  $Z_x > 50\text{dBZ}$
  - A mayor diferencia, mayor tamaño granizo
- Limitaciones: calibración, atenuación, proximidad al radar (cuanto más lejos, más ancho el haz y parece más débil la señal)
- MC: corriente ascendente fuerte, ancha y persistente en zona granizo (-10 °C a -30 °C)
- Tipo tormentas: pulsantes severas, supercélulas o multicélulas
- Cuanto más grande, persistente, profundos, intensos o muy altos (10 km)=> más severidad

$\text{HZ}(50\text{dBZ}) - \text{H}_{0^\circ\text{C}} > 3000\text{m} \Rightarrow \text{granizo} < 2\text{cm}$   
 $\text{HZ}(50\text{dBZ}) - \text{H}_{0^\circ\text{C}} > 4500\text{m} \Rightarrow \text{granizo } 2\text{-}4\text{cm}$   
 $\text{HZ}(50\text{dBZ}) - \text{H}_{0^\circ\text{C}} > 7000\text{m} \Rightarrow \text{granizo} > 4\text{cm}$   
Sídney, radar banda S

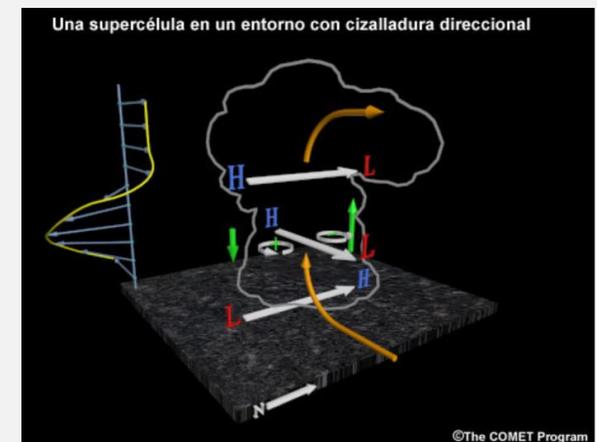
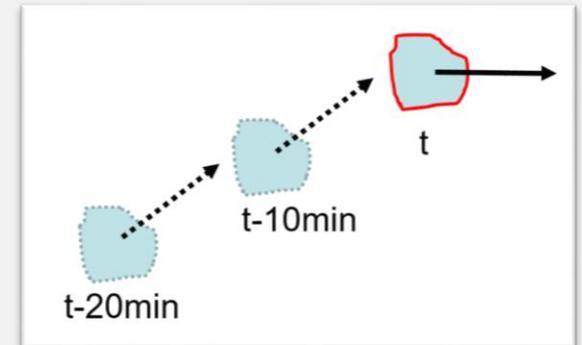
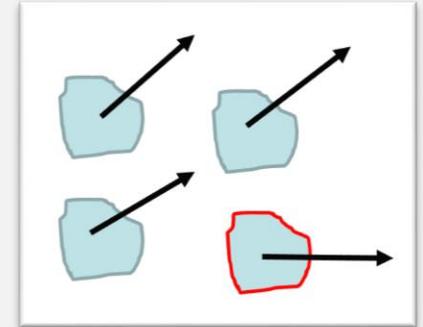
[Señales de radar características de tiempo convectivo severo \(ucar.edu\)](http://ucar.edu)



# RADAR. Indicadores de severidad en tormentas

## Propagación anómala

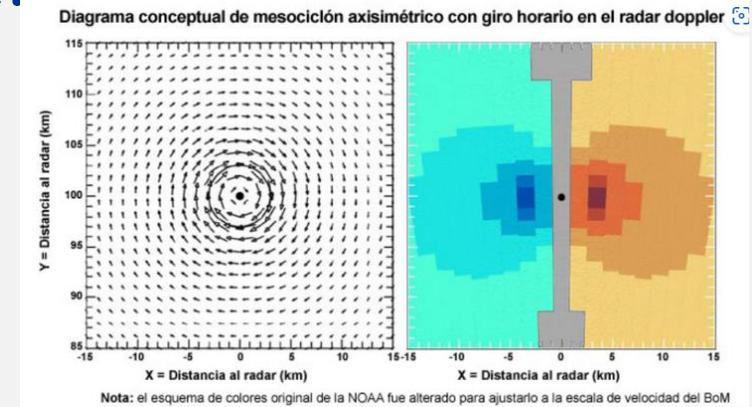
- Detectable en loop de exploraciones
- Severidad si hay interacción entre:
  - Corriente ascendente
  - Capa profunda con cizalladura vertical
- No severidad si se debe a:
  - Interacción bolsa aire frío y cizalladura
  - Fusión tormentas
  - Efectos orográficos
  - Muestreo del radar (tormenta muy cerca)
  - Breve historia de la tormenta
  - Tormenta muy grande con varios núcleos
- MC: puede indicar supercélula
- Cuanto más desvío => más severa (prob)



# RADAR. Indicadores de severidad en tormentas

## Mesociclón en niveles medios

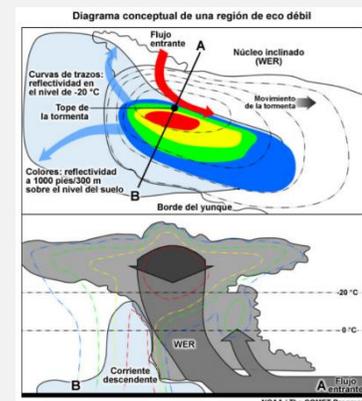
- A medio camino entre base y tope. Suele ser ciclónico.
- Según NSSL, y NWS, el mesociclón debe:
  - Durar, al menos, 2 barridos de 10 min.
  - Medir de 2 a 10 km
  - Mínimo 3 km de extensión vertical
  - Rotación mínima de 15 m/s
  - Situada en la corriente vertical profunda
- Busque máximos locales de velocidad entrante y saliente próximos entre sí (no necesariamente simétricos).
- Problemas: *Vnyquist*, desplazamiento rápido, altura haz, distancia, minisupercélulas, tiempo de muestreo.
- OJO conv/div => línea blanca entre medias



# RADAR. Indicadores de severidad en tormentas

## Fuerte gradiente de Z en niv-bajos

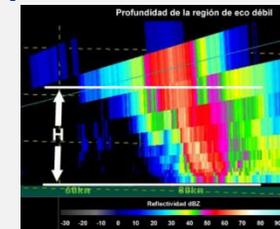
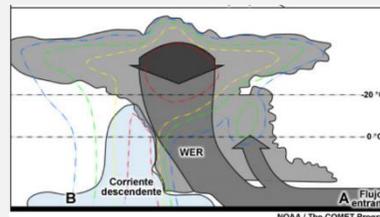
- Cerca de la Región de Eco Débil (*Weak Echo Region*, WER) o acotada (*Bounded WER*).
- Suele tener fuertes Z encima (en la zona de la corriente ascendente), y cerca del flujo de entrada
- Debe ser persistente
- Problemas: muestreo del haz
- MC: indica la separación del granizo grande y las lluvias intensas en la corriente ascendente en niv-bajos.
- Suele implicar granizo grande y vientos fuertes
- Cuanto más intensa y persistente => +severidad
- Para granizo, la corriente debe pasar por  $-10$  a  $-30^{\circ}\text{C}$



# RADAR. Indicadores de severidad en tormentas

## Región de eco débil (WER) *Weak Echo Region*:

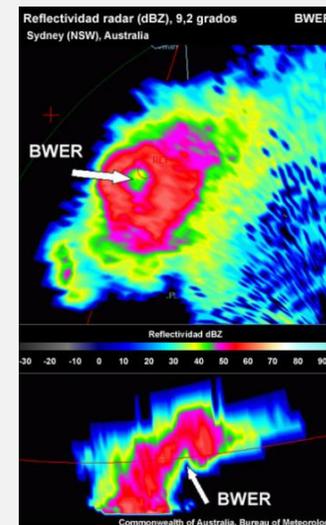
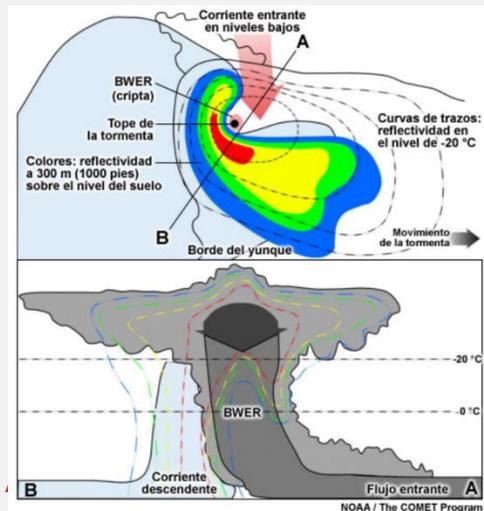
- En el lado de la corriente de entrada en niveles bajos, con ecos más fuertes arriba y solo a un lado.
- Si WER está delimitada por más de un lado, o está circundada por ecos más intensos => WER acotada, BWER (*bounded*)
- Problemas: tormentas con tope bajo, o muy rápida, Z inclinado que no está en el lado de la corr. ascendente o flujo de entrada
- Grado de severidad
  - A mayor distancia horizontal Z50 arriba y abajo => mayor severidad (>4km)
  - A mayor tiempo => mayor severidad
  - A mayor Zx arriba (mínimo 50 dBz) => mayor severidad
  - A mayor profundidad => mayor severidad. Más importante un WER alto que ancho para severidad



# RADAR. Indicadores de severidad en tormentas

## Región de eco débil acotada (BWER)

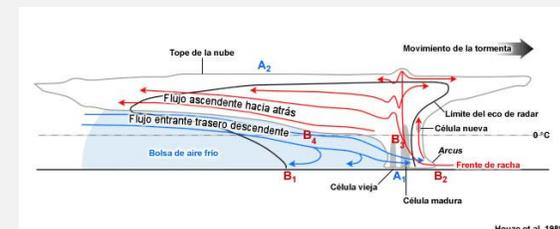
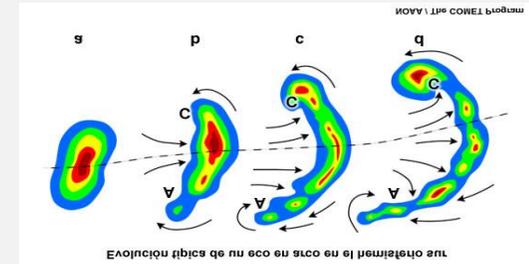
- Canal de ecos débiles circundado por Z fuertes arriba y lados. Es como una cripta. Se observa entre 3 y 10 km del suelo, y puede alcanzar un diámetro de algunos km
- Suelen ser supercélulas (buscar mesociclón o, al menos, ciz ciclónica)
- Problemas: tope bajo de tormenta, muestreo, que no esté en el lado de la corriente ascendente o flujo de entrada, que se trate de multicélulas



# RADAR. Indicadores de severidad en tormentas

## Echo en forma de arco y chorro de entrada trasero fuerte

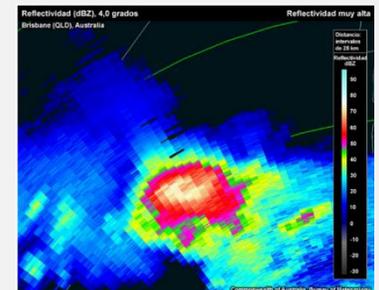
- => organización en la mesoescala. Multicelular lineal cóncava (20 a 120 km). Puede incluir señales a escala de tormenta.
- Pueden aparecer aislados o como arco de un SCM
- Muesca de entrada trasera en eco en arco con Z más baja. OJO, si  $V_{Doppler} > 48kt$  => chorro fuerte => pos. vientos dañinos en superficie
- Arco persistente suele asociarse a chorro de entrada trasero fuerte que desciende a superficie con vientos dañinos.
- Suelen estar formados por células con rotación débil, aunque pueden contener supercélulas poco persistentes en los extremos



# RADAR. Indicadores de severidad en tormentas

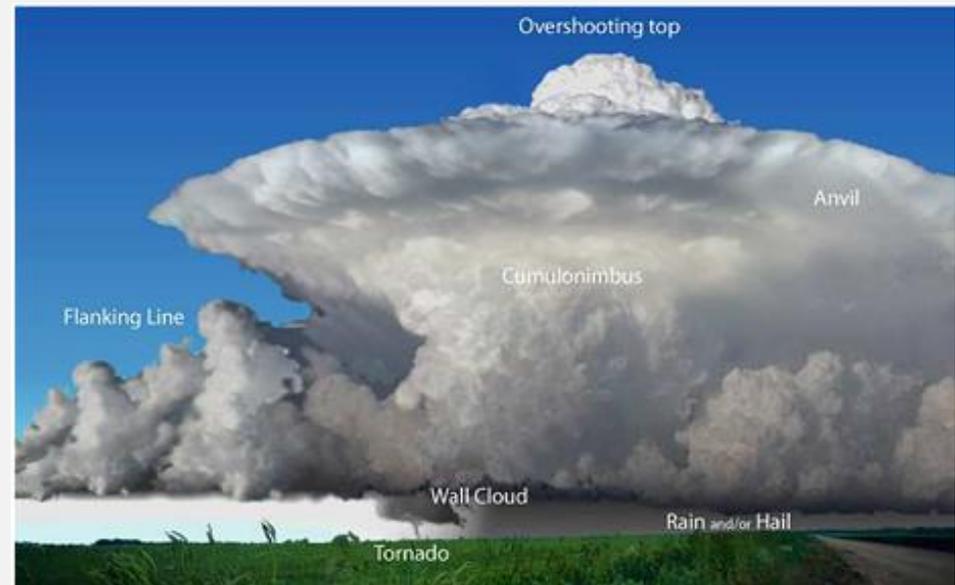
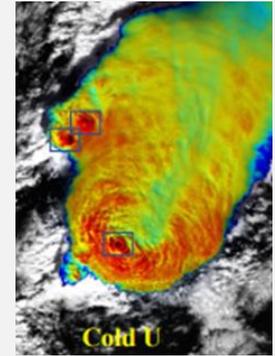
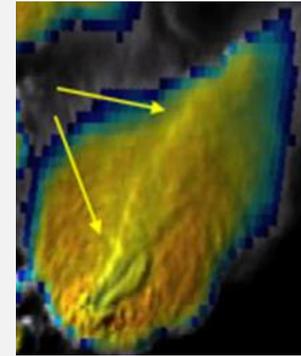
## Reflectividad muy alta

- Superiores a 60 dBZ =>
  - Si muy elevado ( $\ll 0^{\circ}\text{C}$ ) => granizo grande probable, o mucho pequeño.
  - Si poco elevado => pcp muy intensa.
- Condiciones secas => granizo puede no aparecer con Z muy alta
- Problemas: atenuación, muy cerca del radar,...
- MC: Mantiene granizo en la tormenta durante tiempo y la expone al agua líquida. Corta a  $-10^{\circ}\text{C}$ .
- Grado de severidad
  - Mayor extensión horizontal, longevidad y Z => mayor severidad



# SAT. Indicadores de severidad en tormentas

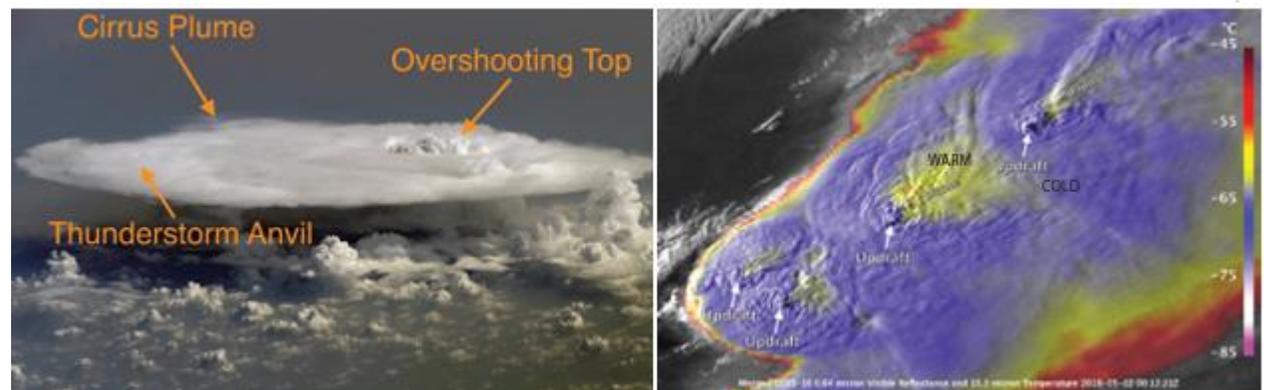
- Overshooting y sombras
- Formas resaltadas en V o U
- Crecimiento rápido del tope
- Plumitas de cirros sobre el yunque (AACCP)
- Anillos fríos
- Flanking Lines
- Frentes de ráfagas
- Líneas de convergencia



# SAT. Indicadores de severidad en tormentas

## Above-Anvil Cirrus Plumes (AACP)

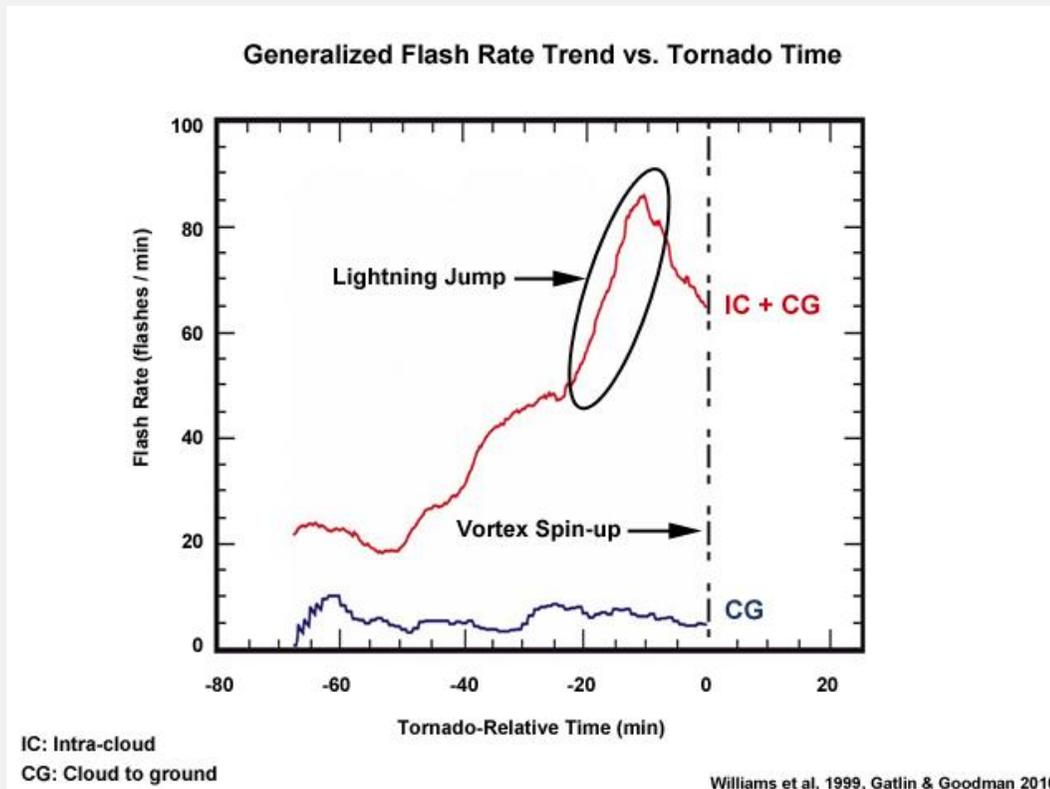
- A sotavento del overshooting, más calientes que el yunque (subsistencia??).
- Tormentas con AACP generan 14 veces más severidad
- AACP suele aparecer 30 min antes del tiempo severo en sup
- Formadas por la rotura de una onda de gravedad que crea una capa crítica estancada



# RAY. Indicadores de severidad en tormentas

## Lightning Jump (GLM)

- Incremento súbito en la frecuencia de descargas
- Suele indicar intensificación, mayor duración y tiempo severo (V, Pcp o GR) en los siguientes minutos (20 aprox)



### 3.- 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

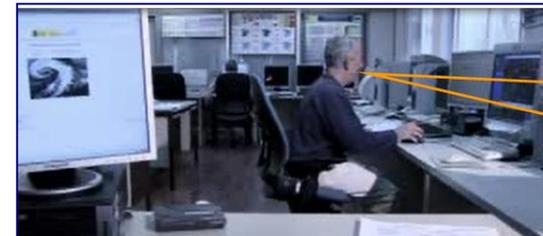
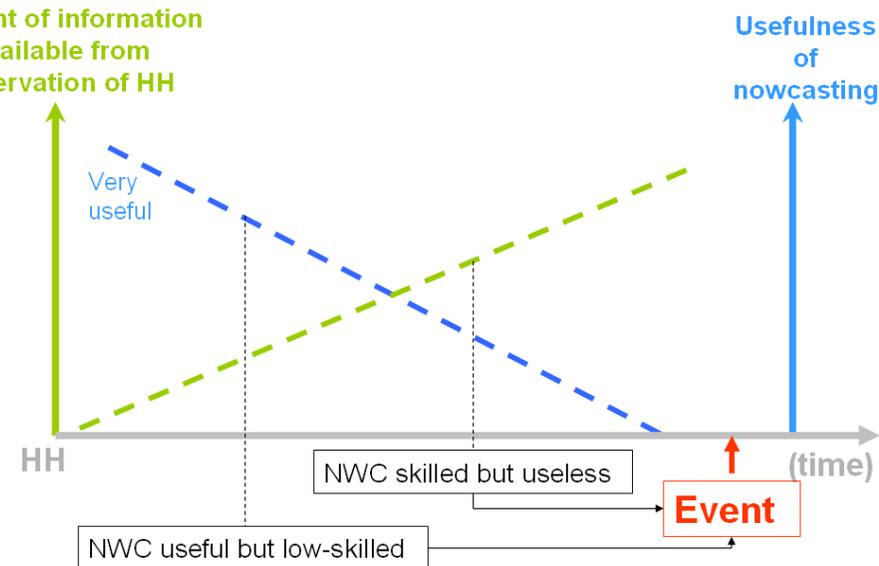
- Entrenados en pensamiento crítico (vs sesgos de confirmación)

- ¿Buen tiempo? → Entrenamiento en tomar decisiones:

- Tx-Tmin / brisas / rotura de inversión térmica / role de vientos / líneas de convergencia / ...

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

Amount of information available from observation of HH



DO YOU HAVE ANY DATA THAT CONFIRMS MY NOWCAST?

¿Tienes algún dato que confirme mi nowcasting?

## 4.- Organización del trabajo

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

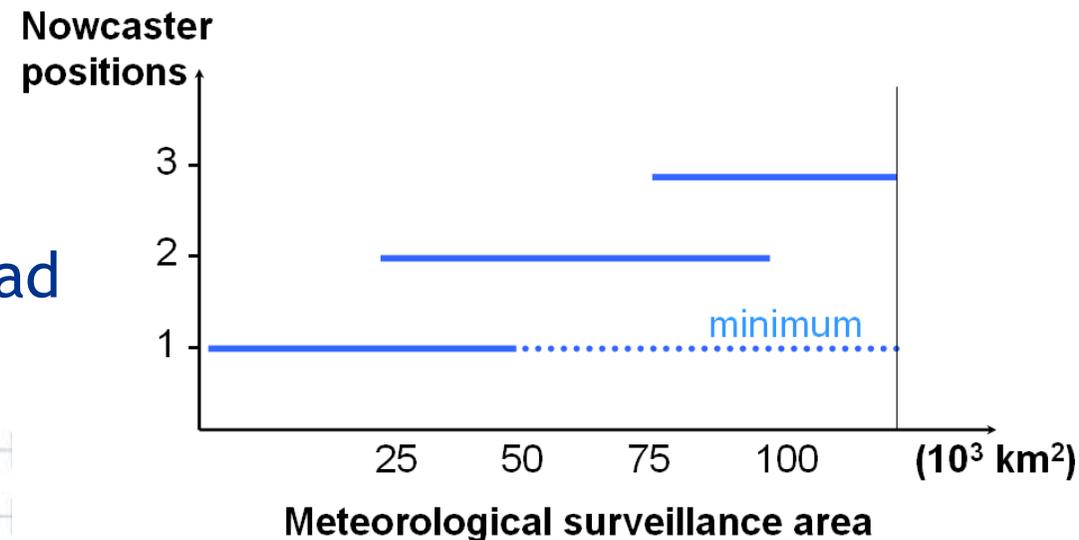


$\rightarrow$  1+posición

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

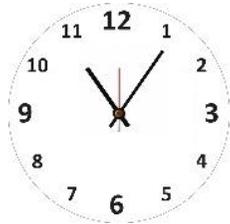


**WARNING DECISION TRAINING DIVISION**  
NOAA/ NATIONAL WEATHER SERVICE

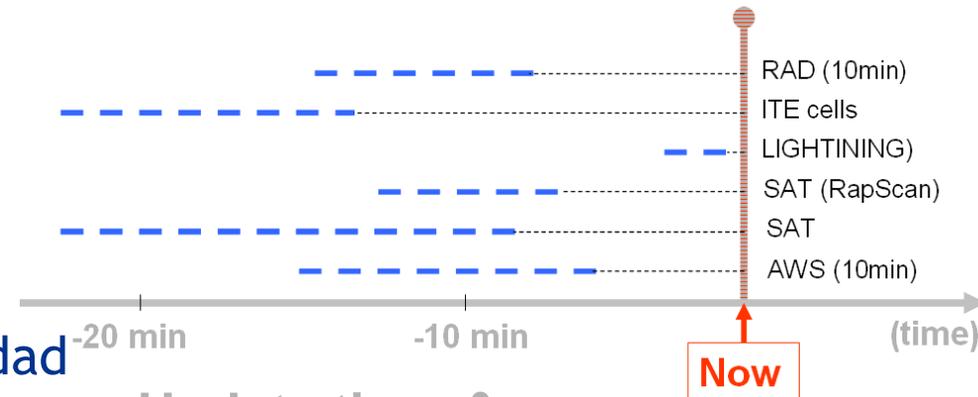


## 5.- Rápido acceso a la información meteorológica

- ¡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](#)

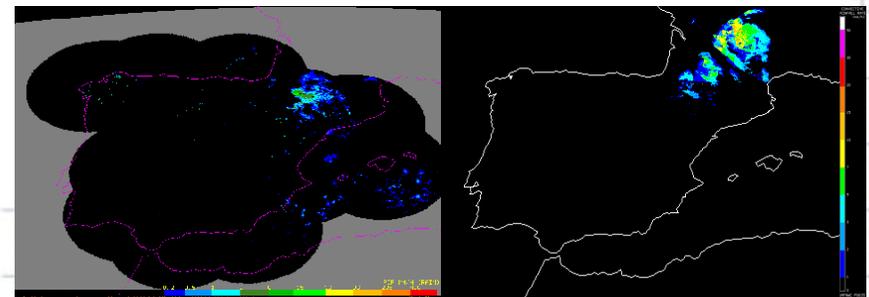
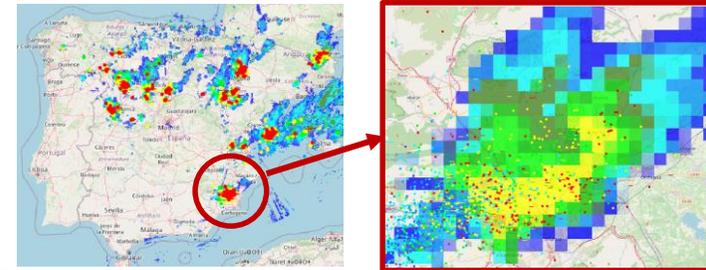
- Un entorno psicológicamente seguro para:
  - El equipo sienta que puede intercambiar ideas
  - Que fluya la información



# 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

CRPh

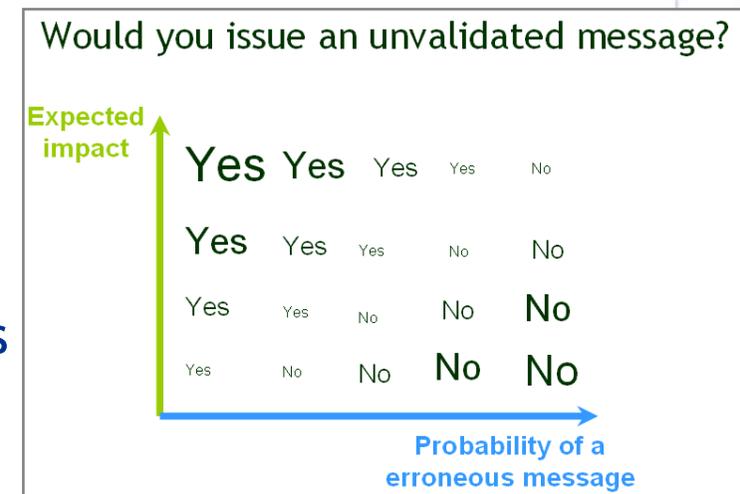
## 8.- La importancia de los mensajes automáticos



- 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.- Análisis 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 => Plan de formación
- 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. Con los conocimientos adecuados
3. Nowcasters bien entrenados
4. Organización del trabajo
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

# EUMETNET Nowcasting Programme

1. Seamless prediction
2. Verification and Evaluation
3. Observations
4. User aspect
5. Coordination
6. Exchange with other EUMETNET programmes
7. To liaise with the WMO programmes
8. Nowcasting Conference (ENC)

NOWCASTING

# Gracias por su atención



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

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