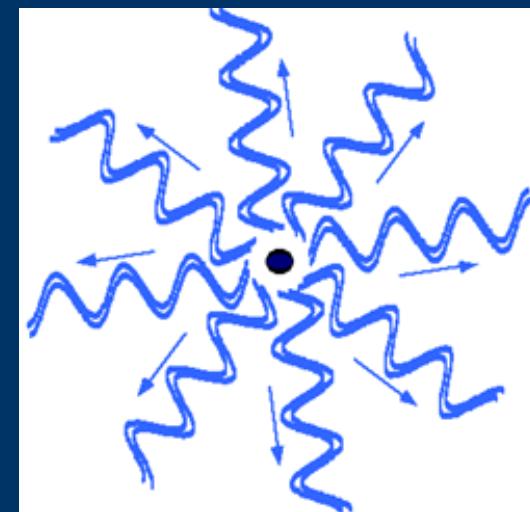


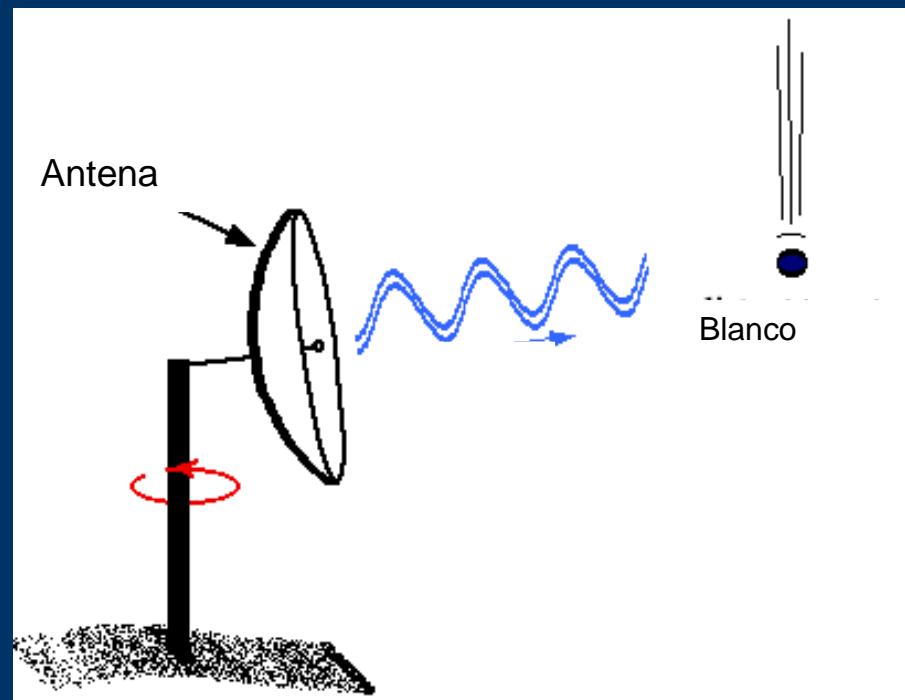
# El Radar Meteorológico Doppler Polarimetrico

Dr. Giorgio M. Caranti

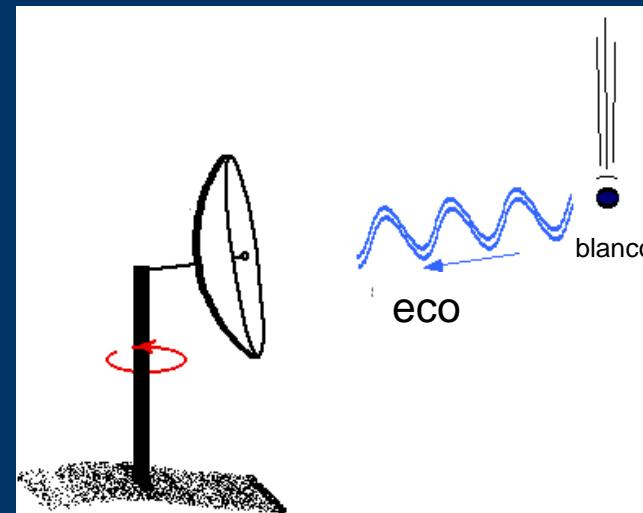
- El RADAR es un dispositivo que aprovecha la capacidad de dispersar radiación electromagnética por parte de los objetos.



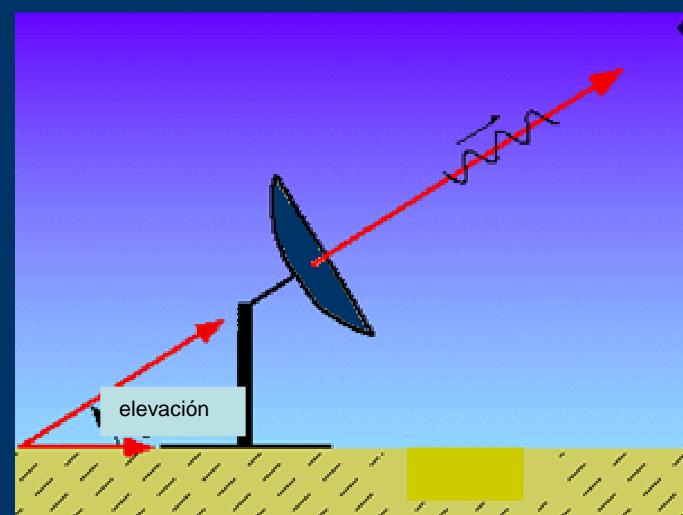
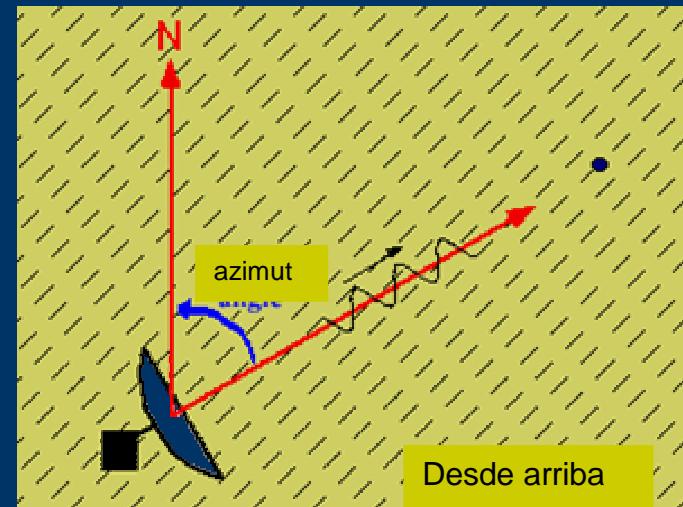
- En el RADAR esta radiación es emitida por una antena, generalmente en las longitudes de onda centimétricas (microondas) con potencias del orden de cientos de kilowatios.



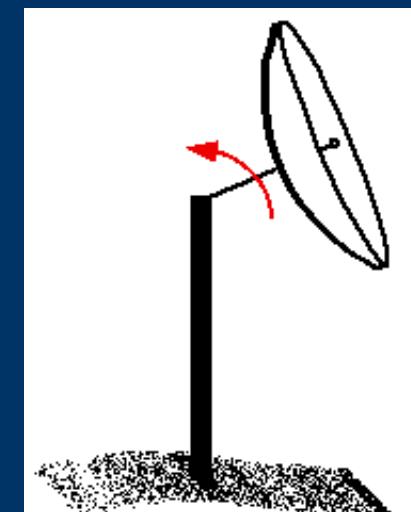
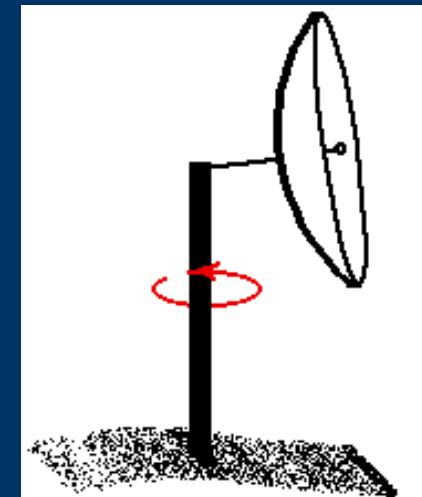
- Los objetos dispersan la radiación en todas las direcciones y en particular en la dirección opuesta a la que se propagaba originalmente. Esta radiación es la retrodispersada.
- La radiación retrodispersada, que trae información del objeto con el que interaccionó el haz incidente, es recibida por la misma antena emisora. Esta señal recibida es también llamada el *eco* y al objeto dispersor se lo llama *blanco*.



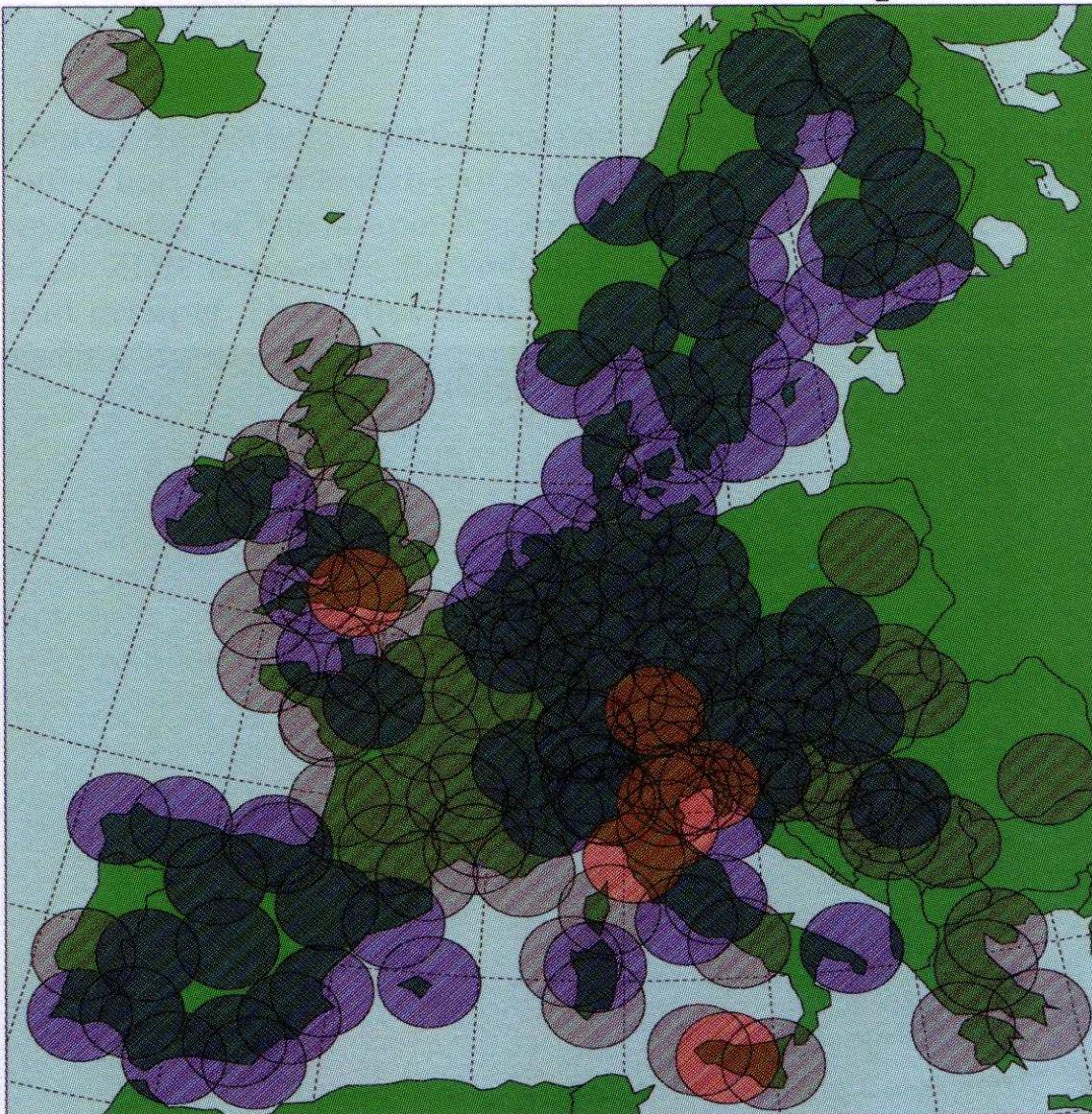
- El tipo de RADAR mas ampliamente usado es el pulsado. La antena emite un corto pulso de alrededor de 1 microsegundo de duración e inmediatamente se pone en modo de recepción.
- La distancia de un determinado blanco viene dada por el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción del eco
- 
- $$d = \frac{1}{2} c [t_{recep} - t_{emis}]$$
- y la posición angular la da la antena misma: es la dirección (azimut y elevación) a que apunta al momento de recibir la señal. De esta manera el blanco queda localizado en coordenadas polares esféricas centradas en la antena



- La señal recibida se procesa para obtener la propiedad del blanco que pasa a llamarse la ‘reflectividad’.
- La reflectividad es presentada en diversas formas. Las mas comunes son PPI (Plan Position Indicator ) y RHI (Range Height Indicador).
- PPI: se fija el ángulo de elevación y se barre en azimut.
- RHI: se fija el ángulo de azimut y se barre en elevación.



## Weather Radars in Europe

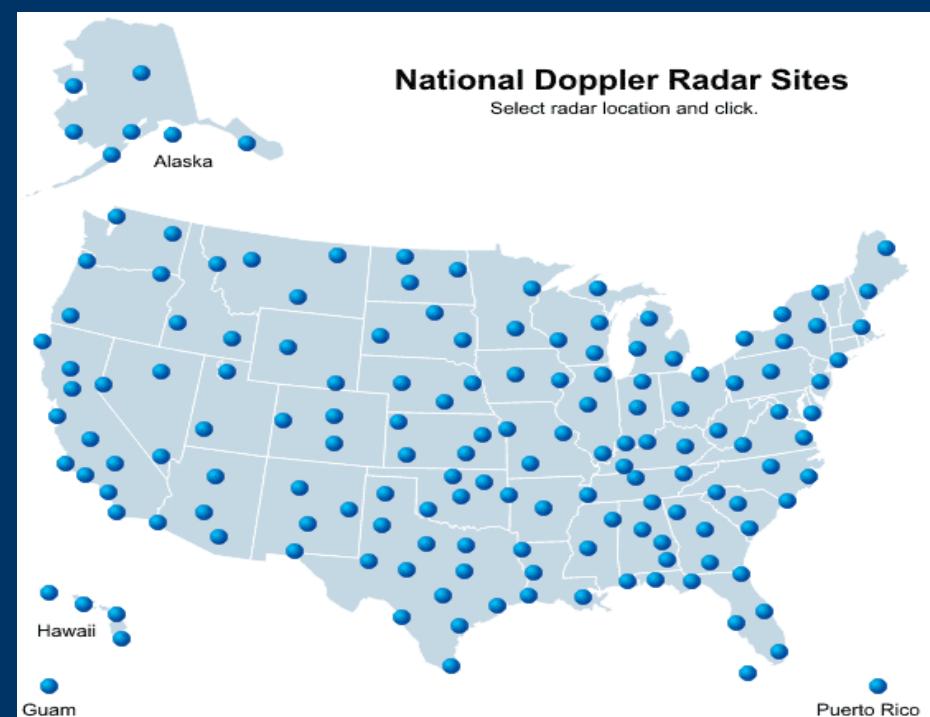
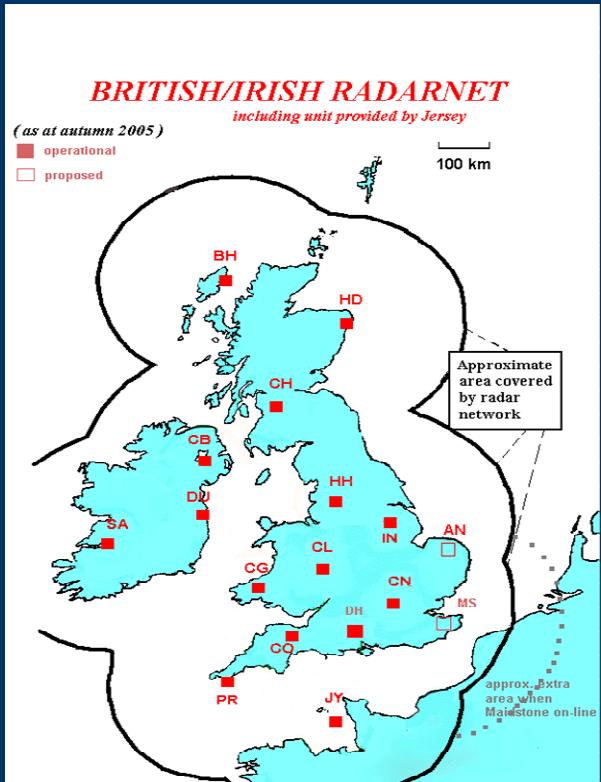


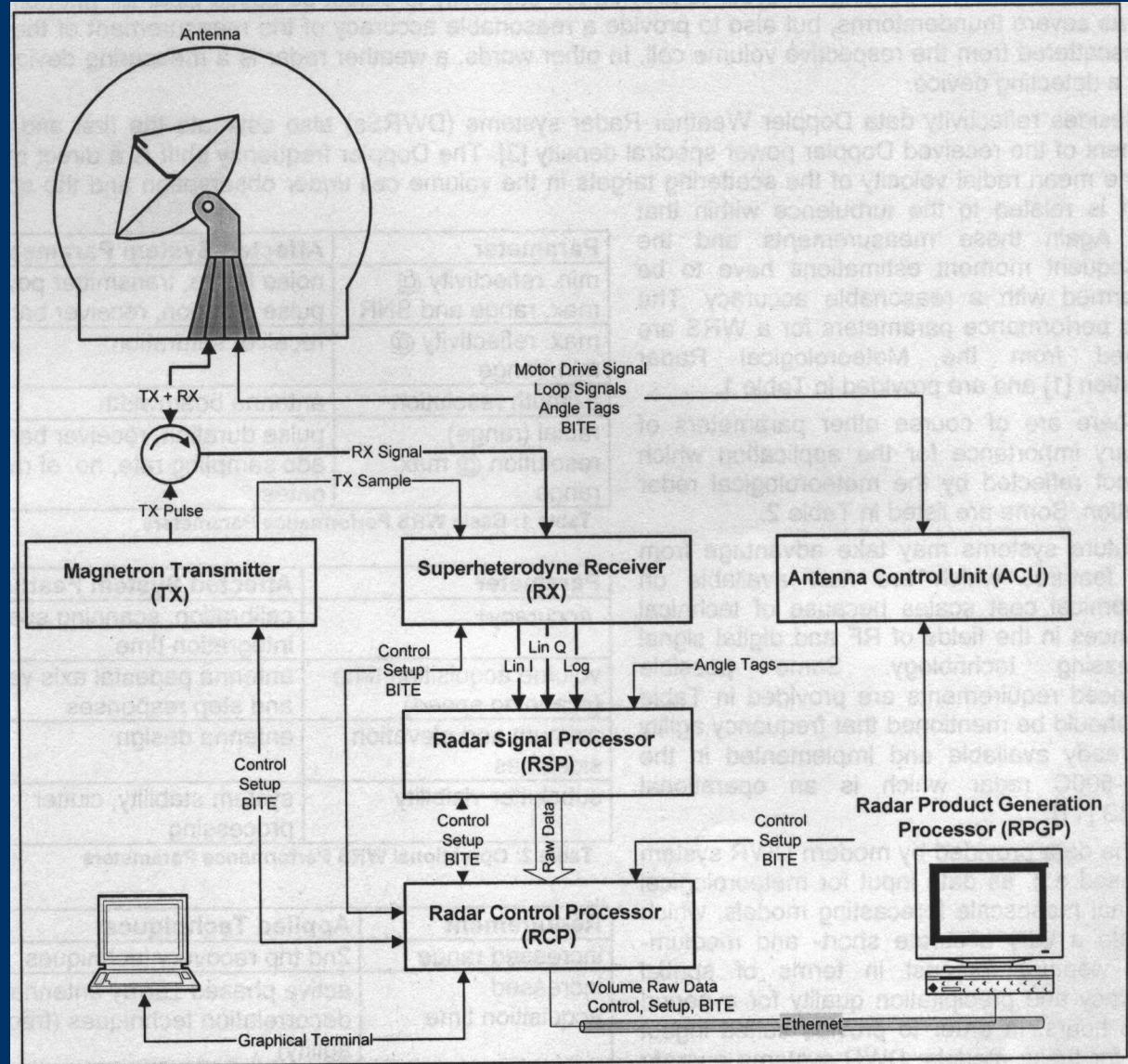
● Conventional Radars

● Doppler Radars

● Polarimetric Doppler Radars

Range rings 150 km  
Last update 12/200





## Especificaciones técnicas

- Banda C (5.3cm)
- >400km en Reflectividad
- >200km en Velocidad
- Ancho de pulso
- modo intensidad (LP) de 3 a 0.4  $\mu$ seg
- modo Doppler (SP) de 0,8 a 0,85  $\mu$ seg
- Mínima señal detectable (MDS) -110 dBm o menor
- Supresión clutter terrestre -40 dB o mejor
- Figura de ruido 3 dB o mejor
- Rango dinámico mayor a 92dB
- Diámetro de la Antena > 4m.
- Ganancia de la Antena > 40 dB
- Ancho de haz no mayor a 1° @ 3db
- Movimiento acimutal 360°
- Velocidad acimutal 0,5 a 6 RPM
- Movimiento de elevación -1° a 90°
- Velocidad de elevación 1° a 15°/seg
- Resolución de apuntado > ± 0,1°
- Supresión de lóbulos laterales > 25db a partir del lóbulo principal

- La potencia recibida se puede escribir como

$$P_r = \frac{P_t G_t A \sigma}{4 \pi r^2}$$

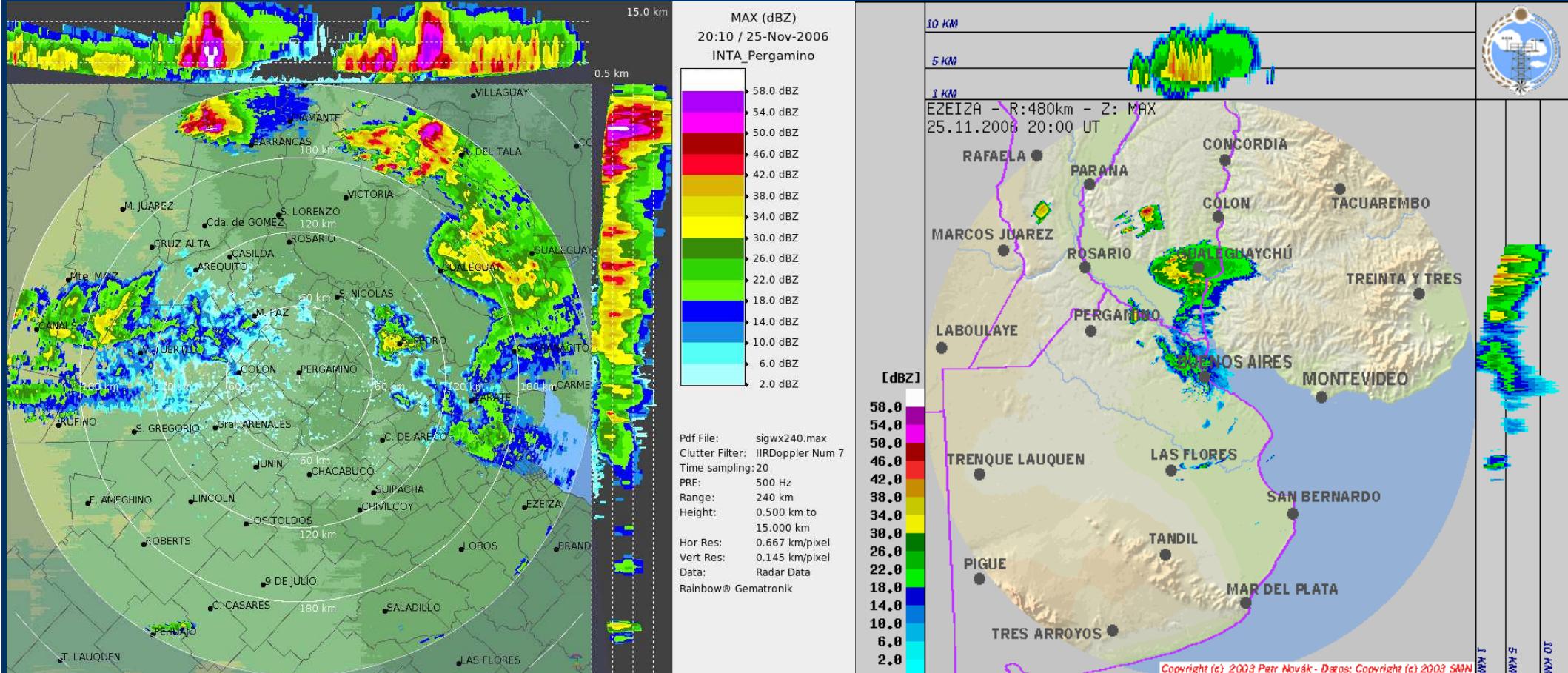
La sección  $\sigma$  se reduce a la reflectividad volumétrica

$n$

$$\eta = \frac{\pi^5}{\lambda^4} K^2 Z$$

Donde  $Z$  es el factor de reflectividad y  $K$  es el parámetro dieléctrico

# Cobertura conjunta Ejemplo Ezeiza y Pergamino

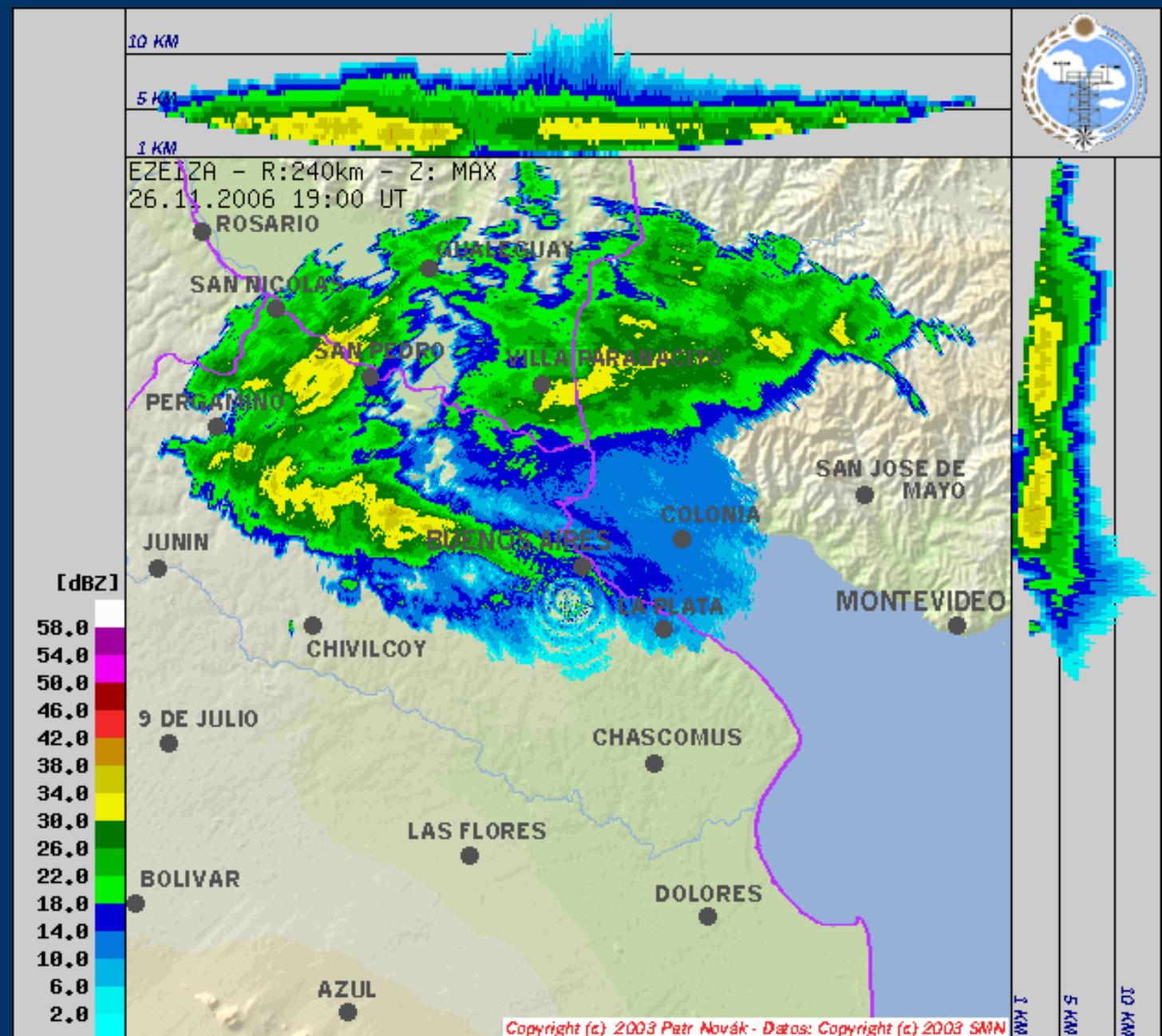


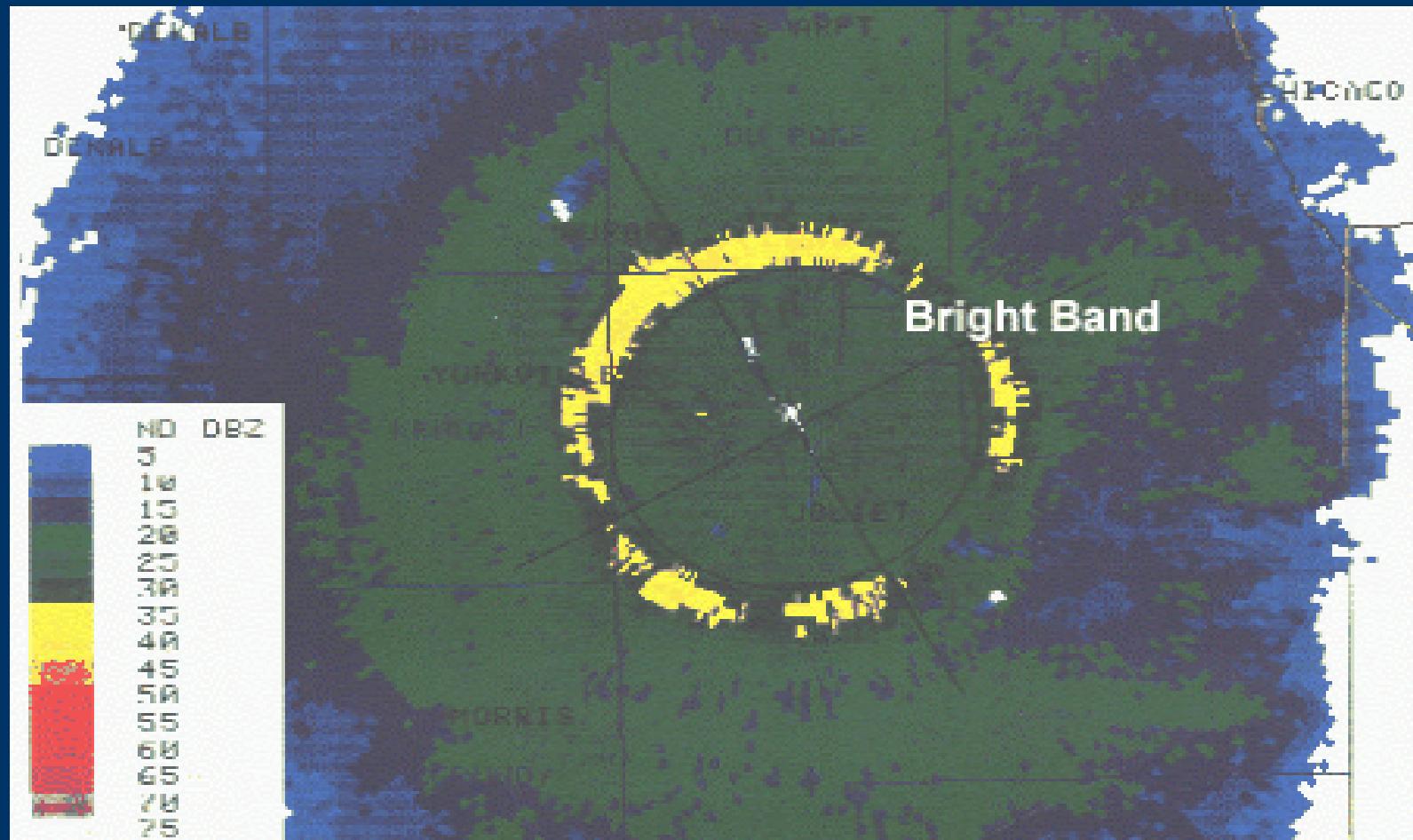
Notar las areas comunes

*El factor de reflectividad contiene la información de las partículas*

$$Z = \int D^6 n_D dD$$

Por lo tanto se lo relaciona con la precipitación.





# *Relaciones entre Z y la precipitacion*

- Experimentalmente se observa que se puede poner

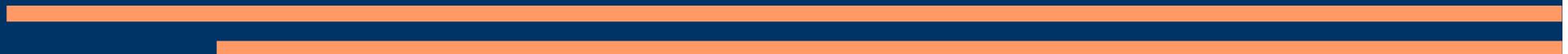
Con valores típicos que dependen del régimen.

Por ejemplo

a=200 y b=1.5 en verano y

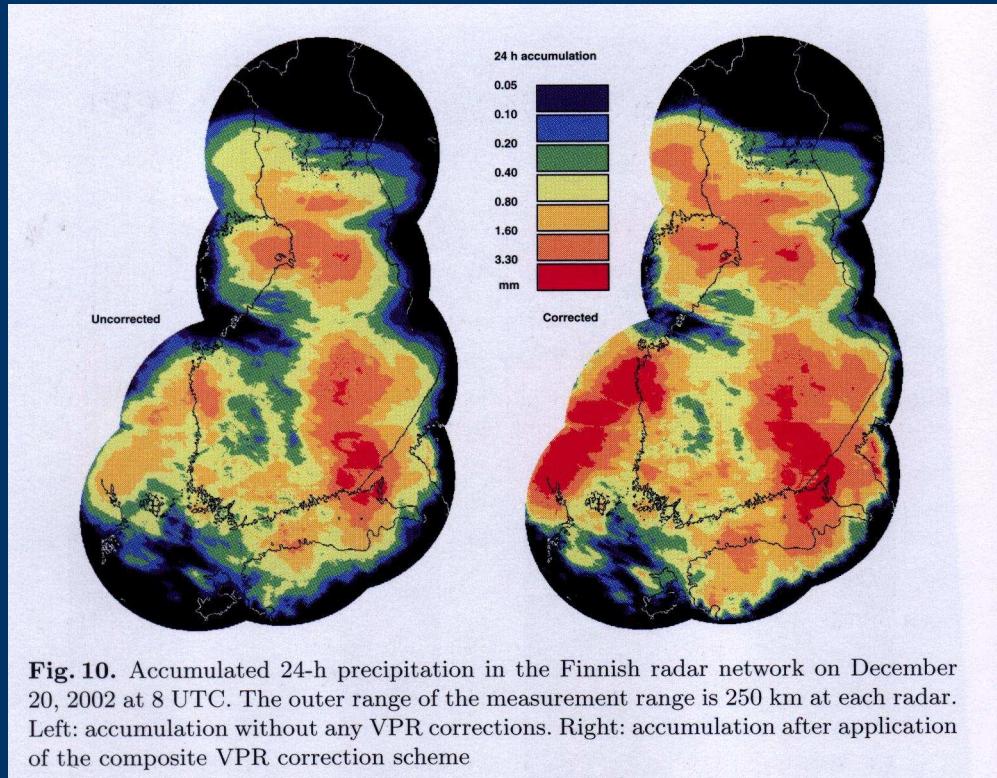
a=300 y b=1.5 en invierno

$$Z = aR^b$$

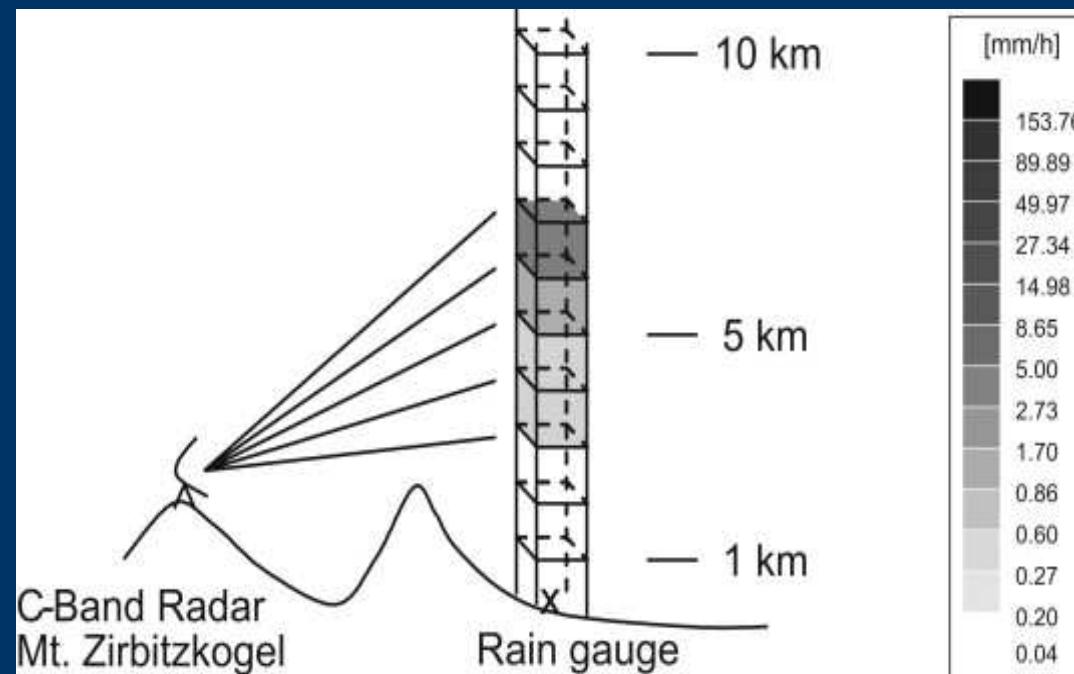


# *Correlacion con mediciones en tierra*

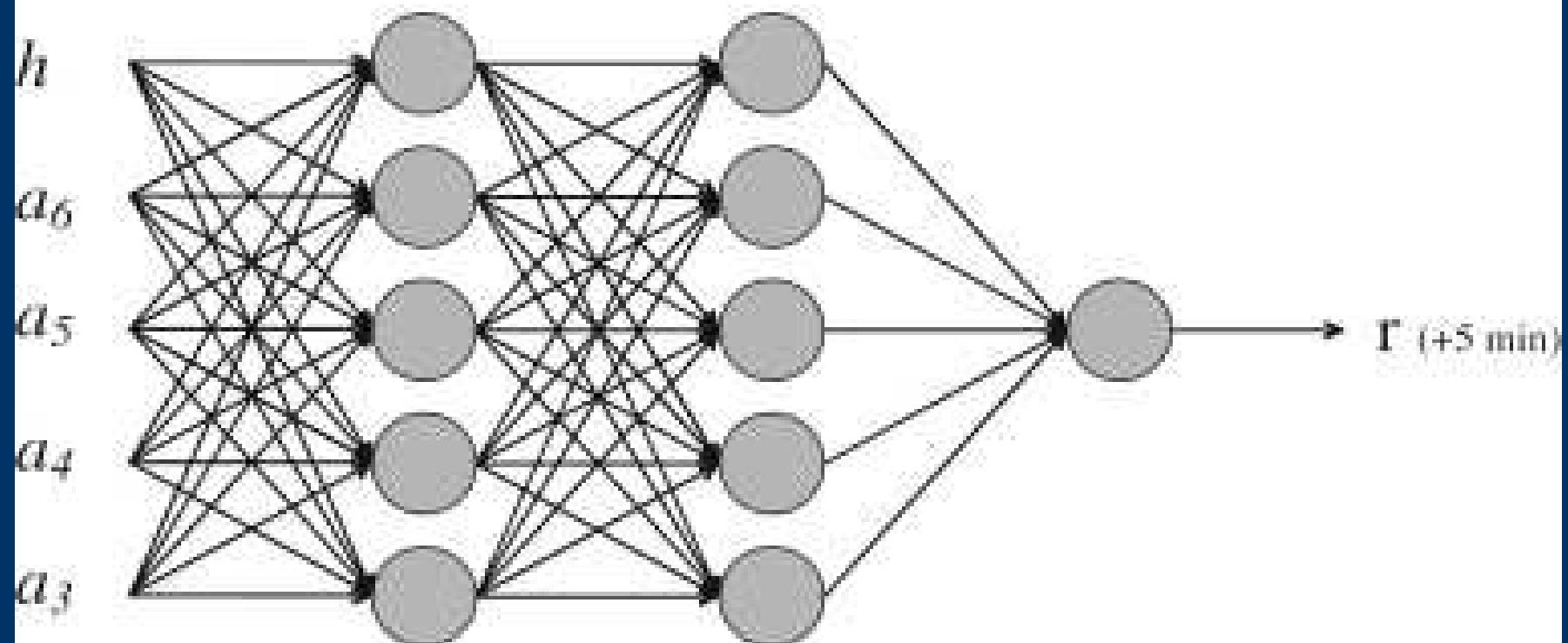
- Las redes de pluviometros se utilizan para mejorar la estimacion de la precipitacion. Hay metodos de tipo estadistico que permiten generar factores de correccion.
- Primero Calibracion



# *Redes Neuronales*



## Artificial Neural Network Multi-Layer Perceptron (MLP)



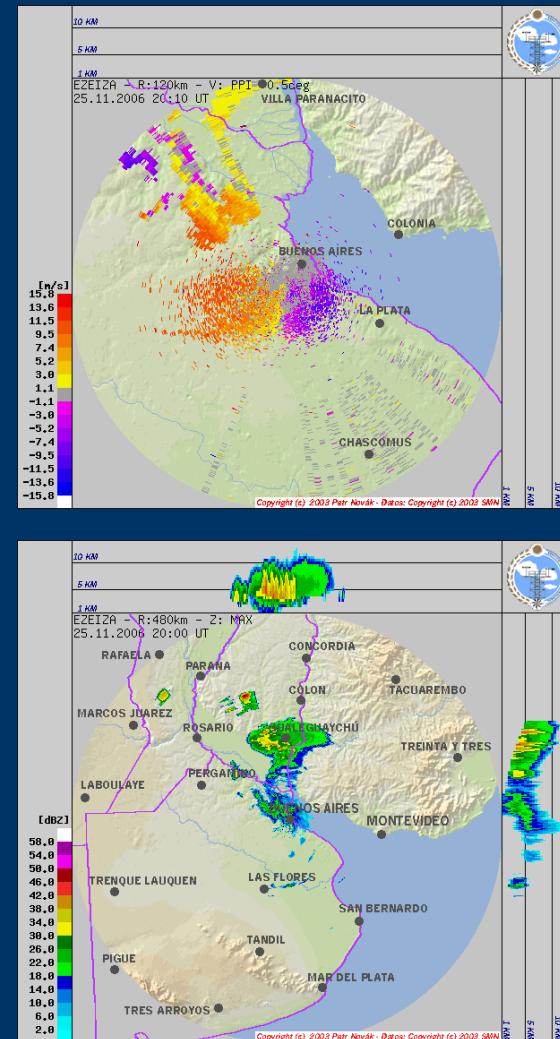
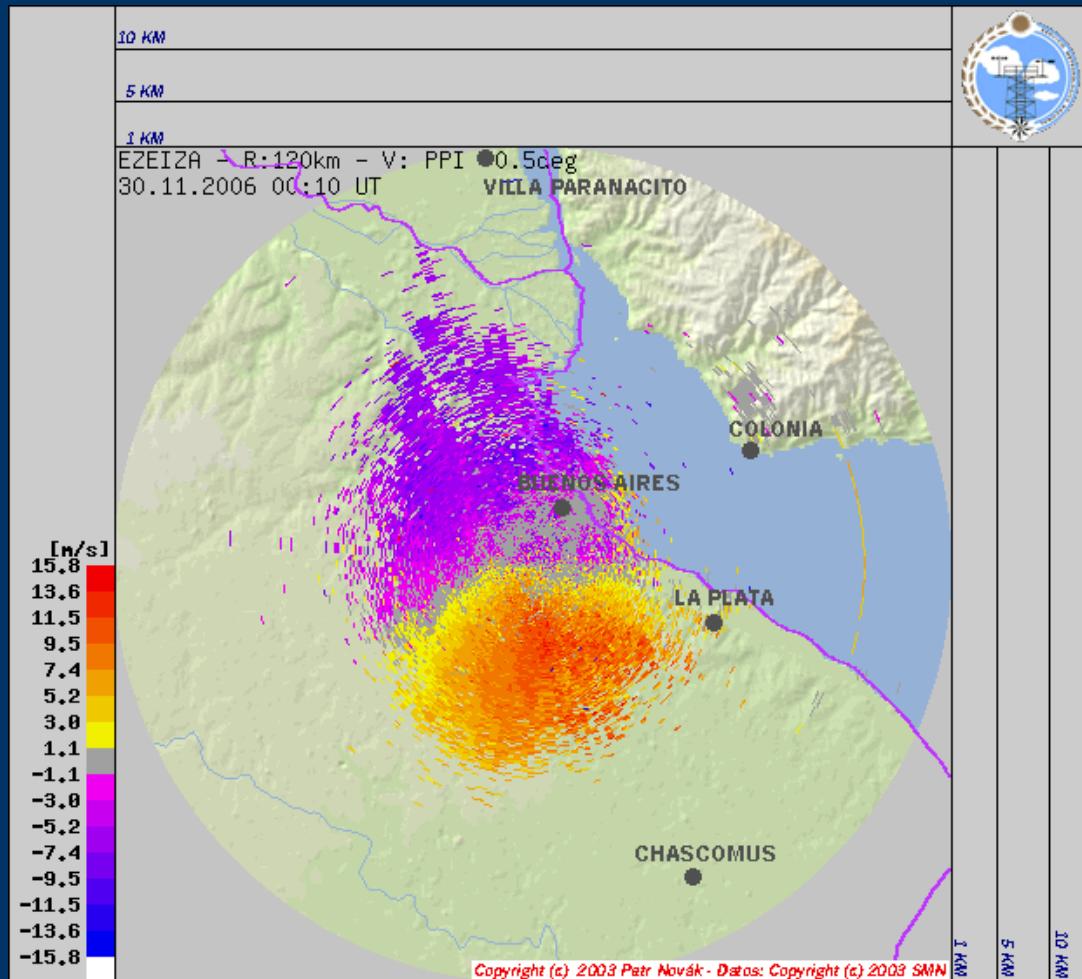
Activation function

# Doppler

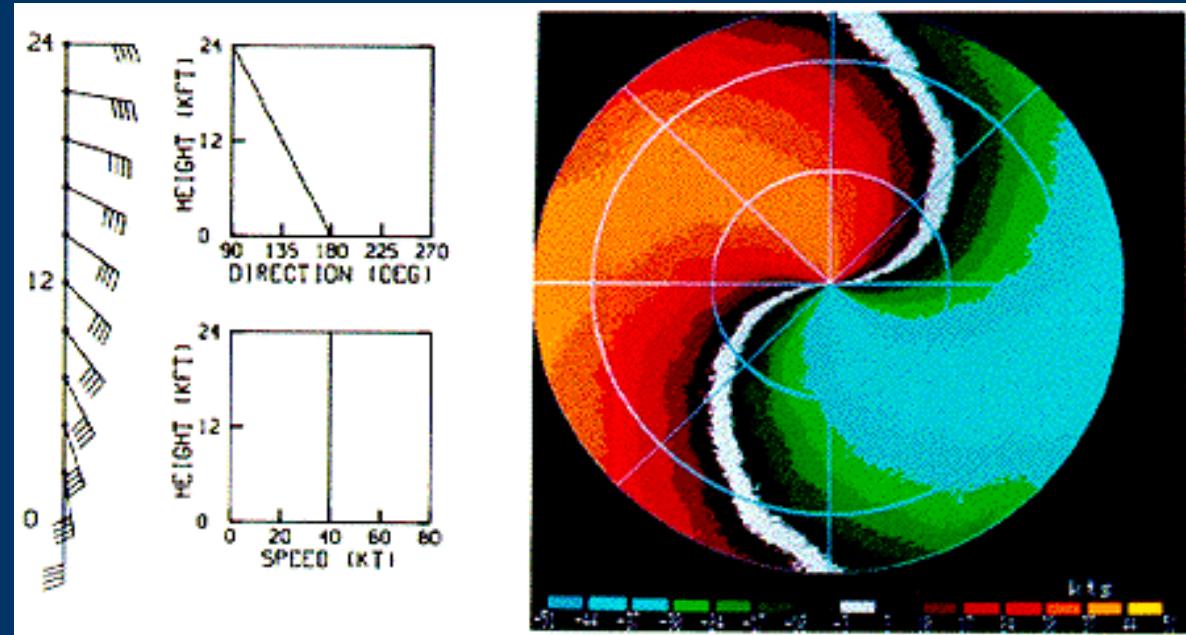
- La frecuencia del eco difiere de la enviada si el blanco se mueve

$$\phi = -\frac{4\pi r}{\lambda}$$

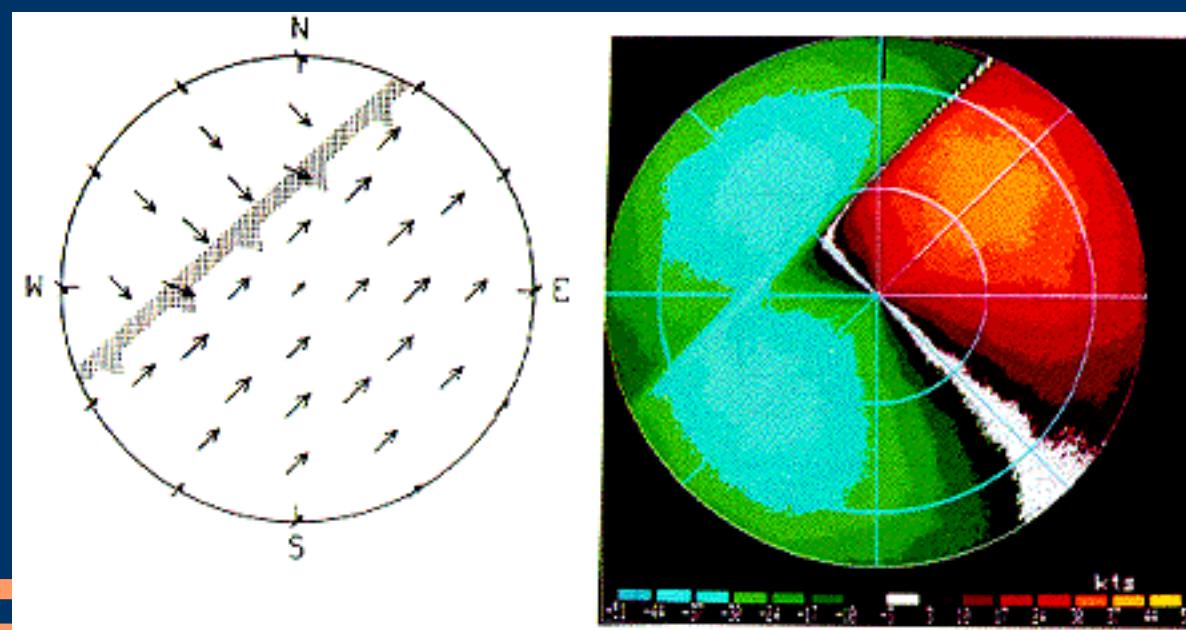
$$\frac{d\phi}{dt} = \omega_d = -\frac{4\pi}{\lambda} \frac{dr}{dt} \Rightarrow f_d = -\frac{2v_r}{\lambda}$$



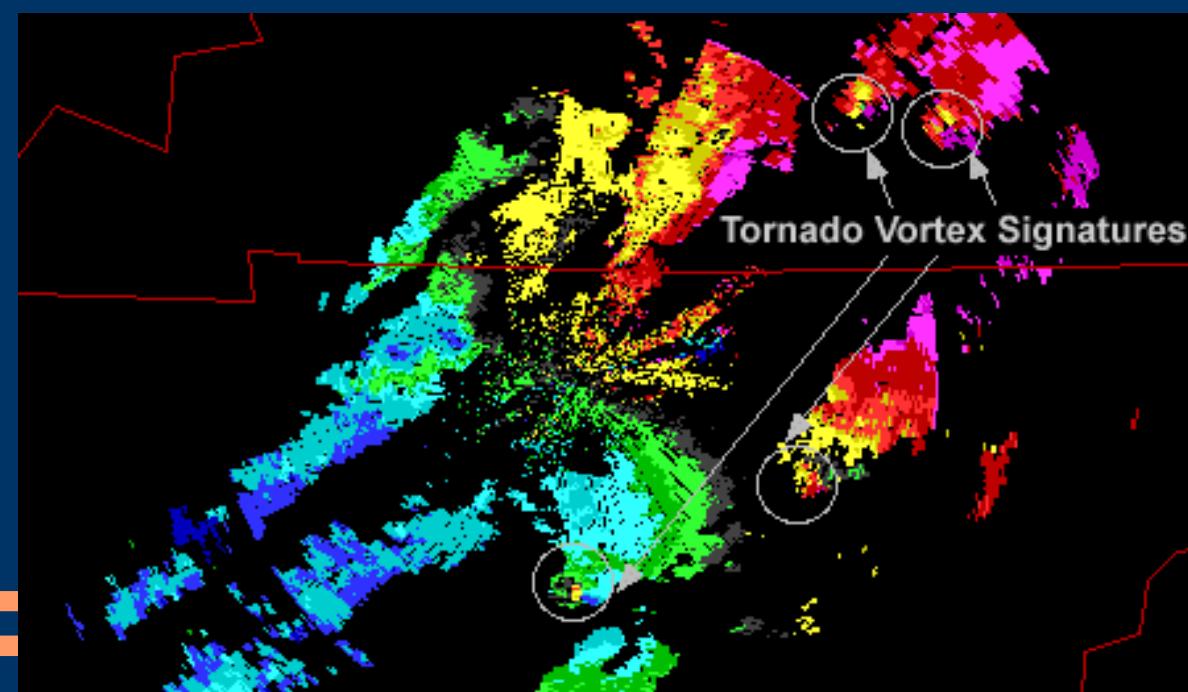
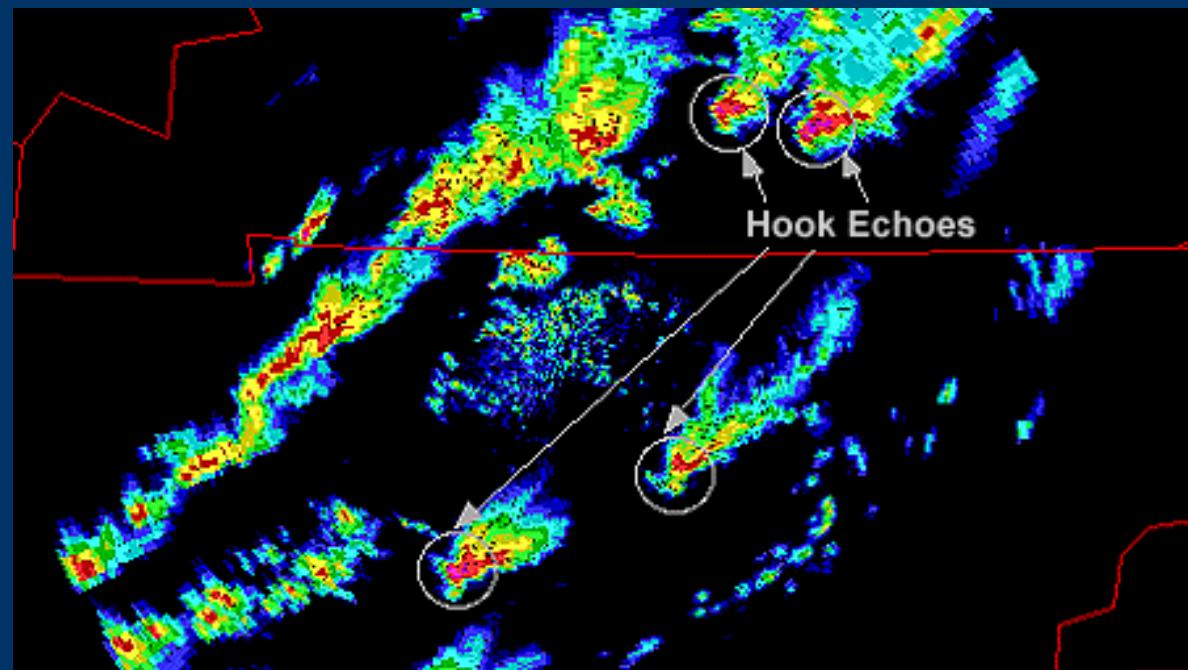
- Viento de corte en altura



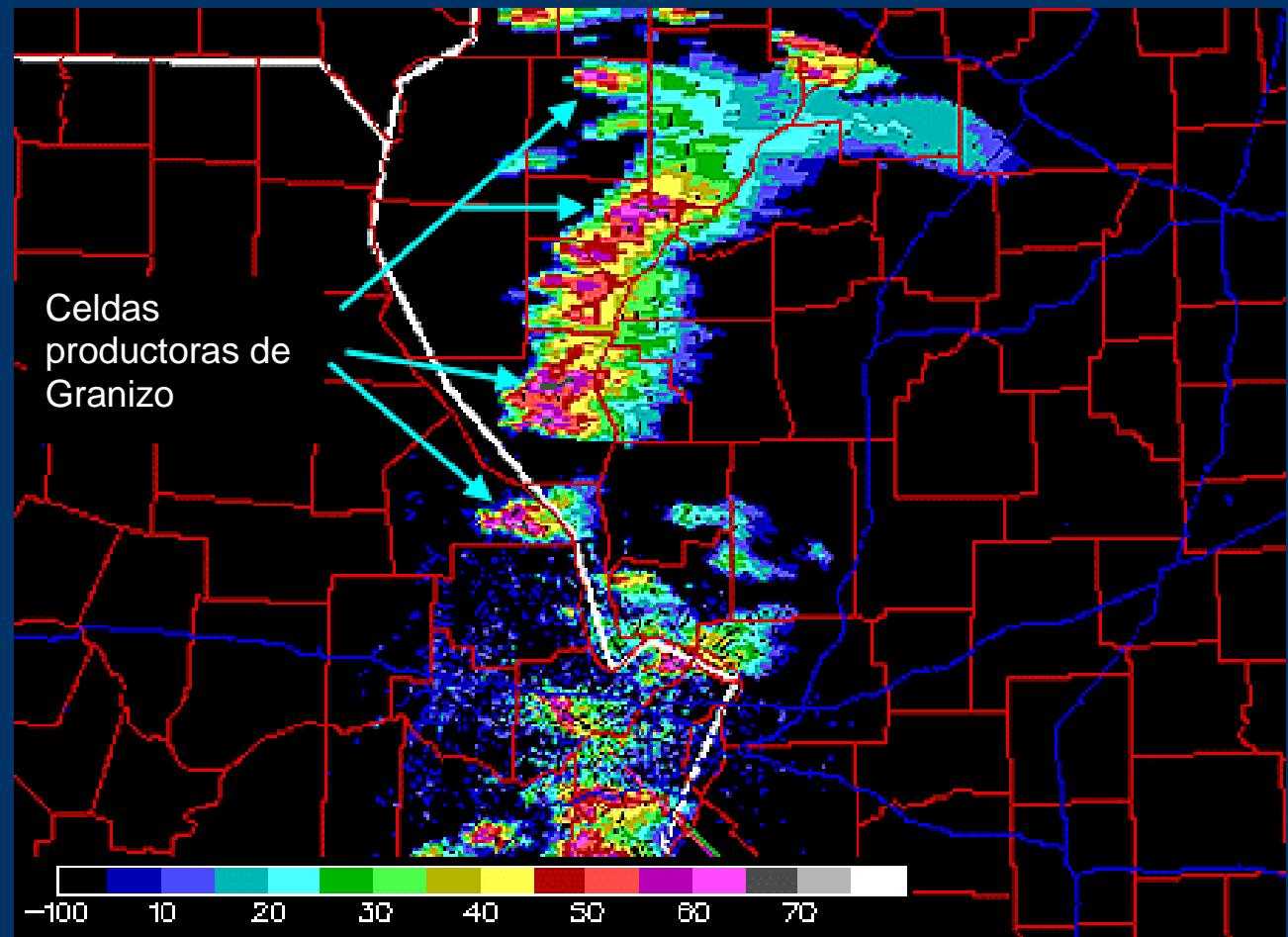
- Aproximacion de un frente



- Con la información de velocidad se pueden detectar tornados



- Celdas relativamente pequeñas que exceden los 60 dB de reflectividad con toda probabilidad son graniceras.



# Polarimétrico

- Las ondas emitidas por la antena están polarizadas
- Esto brinda la oportunidad de obtener mas parámetros relacionados con la precipitación

Despolarizacion lineal Ldr

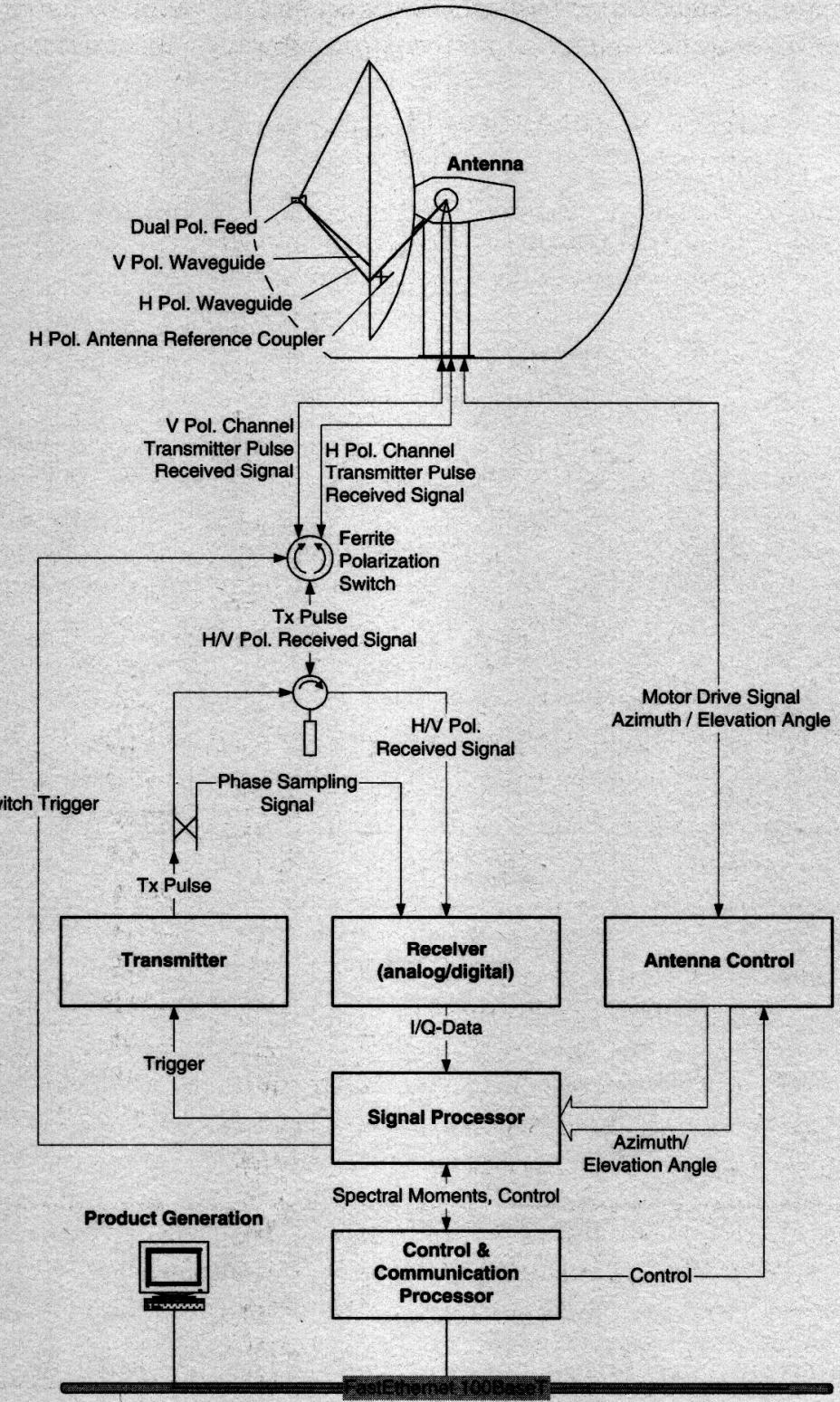
Dif. de fase específica Kdp

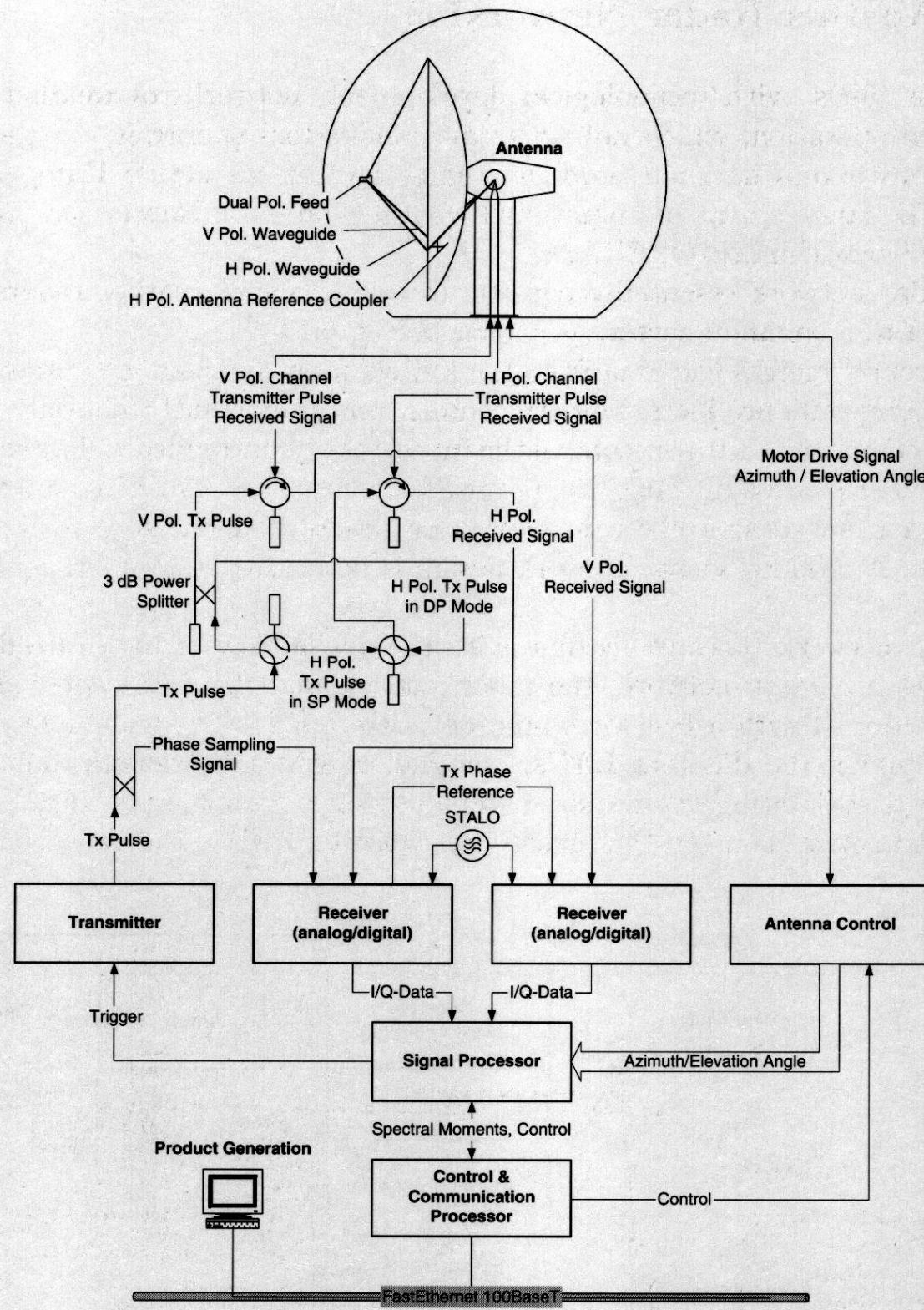
$$Z_{dr} = \frac{Z_H}{Z_V}$$

$$\varphi_{dp} = \varphi_V - \varphi_H \quad K_{dp}$$

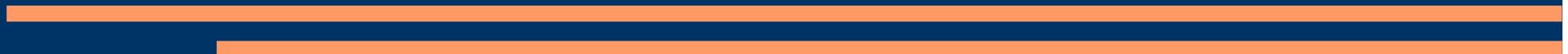
$$\rho_{HV}$$

$$L_{dr} = 10 \log \left( Z_{VH} / Z_H \right)$$





Claramente con los nuevos parametros se puede distinguir entre tipos de precipitacion y mejorar asi la estimacion de la misma.



## *Otra forma de calcular la precipitación*

$$R = A K^B dp$$

Con B=0.866 y A=40.56. Estos valores propuestos son objeto de estudio.



# *Aplicaciones*

- Aviso temprano de: Frentes, Tornados, Tormentas severas (Granizo)
- Aviso de Flash Flood
- Asimilacion de datos de radar: a modelos de mesoescala para now casting, GIS ...

Clasificacion de Hidrometeoros permite: Identificar Granizo, Estudiar erosión por impacto de gotas...  
Junto con las estaciones: manejo del agua de cuencas

Productos detallados a partir de los productos primarios,

Reflectividad (Z) – display de intensidad de echo medido in dBZ. Esto se usa para detectar precipitación, estructura de la tormenta y sus contornos y encontrar el potencial granicero de la misma.

La velocidad radial del viento V. Se usa para estimar magnitud y dirección del viento, localizar cambios severos y posibles áreas de turbulencia.

El ancho espectral SW da una medida de la dispersión de velocidades dentro del volumen muestreado sirve para localizar mesociclones y contornos de tormenta.

Los productos a partir de ellos son muy variados:

Basicos - PPI, CAPPI, tope del eco, base del eco, productos máximos, extracción del viento medio, viento de corte.

Hidrológicos – Líquido integrado verticalmente, intensidad de la lluvia superficial, acumulación de la precipitación en el tiempo, catchment de ríos

Pronostico cercano – seguimiento de los centroides de tormentas, Seguimiento de lluvia, granizo

Detección de fenómenos – Microburst, convergencia y divergencia

Avisos y Alertas – Un radar avisa de la presencia de alta reflectividad, alto viento de corte (tornado), alta turbulencia, alta precipitación, alta caída de agua en la cuenca, alerta de microburst (aeronautica) ...

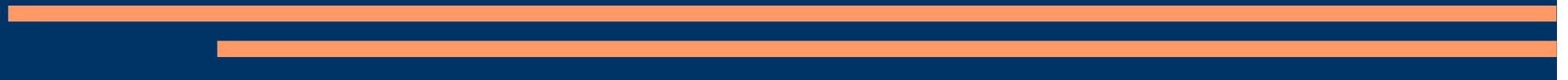
Indice de granizo o indice de tornados que se superponen en la pantalla para rápida identificación

# *ERAD Barcelona 18 Sept. 2006*

- The effect of nonuniform beam filling on the quality of radar polarimetric data Ryzhkov, A.
- \*Polarimetric signatures of ground clutter Hagen, M.; Friedrich, K.
- Radar calibration using consistency of polarization parameters and constraints for drop shapes Gourley, J.J.; Illingworth, A.; Tabary, P.
- Winter precipitation studies with a dual polarized C-band radar Hudak, D.; Rodriguez, P.; Lee, G.W.; Ryzhkov, A.; Fabry, F.; Donaldson, N.
- Development of a fuzzy logic x-band hydrometeor identification algorithm Dolan, B.; Rutledge, S.
- Analysis of microphysical data in an orographic environment to evaluate a polarization radar-based hydrometeor classification scheme Goeke, S.; Plummer, D.
- Hydrometeor supervised classification using a bistatic C-band weather radar configuration Scaranari, D.; Marzano, F.S.; Vulpiani, G.; Montopoli, M.; Celano, M.; Alberoni, P.P.
- Melting layer characterization and identification with a C-band dual-polarization radar : a long-term analysis Tabary, P.; Le Henaff, A.; Vulpiani, G.; Parent-du-Châtelet, J.; Gourley, J.J.
- A C-band fully self-consistent methodology to correct attenuation and differential attenuation Gorgucci, E.; Baldini, L.

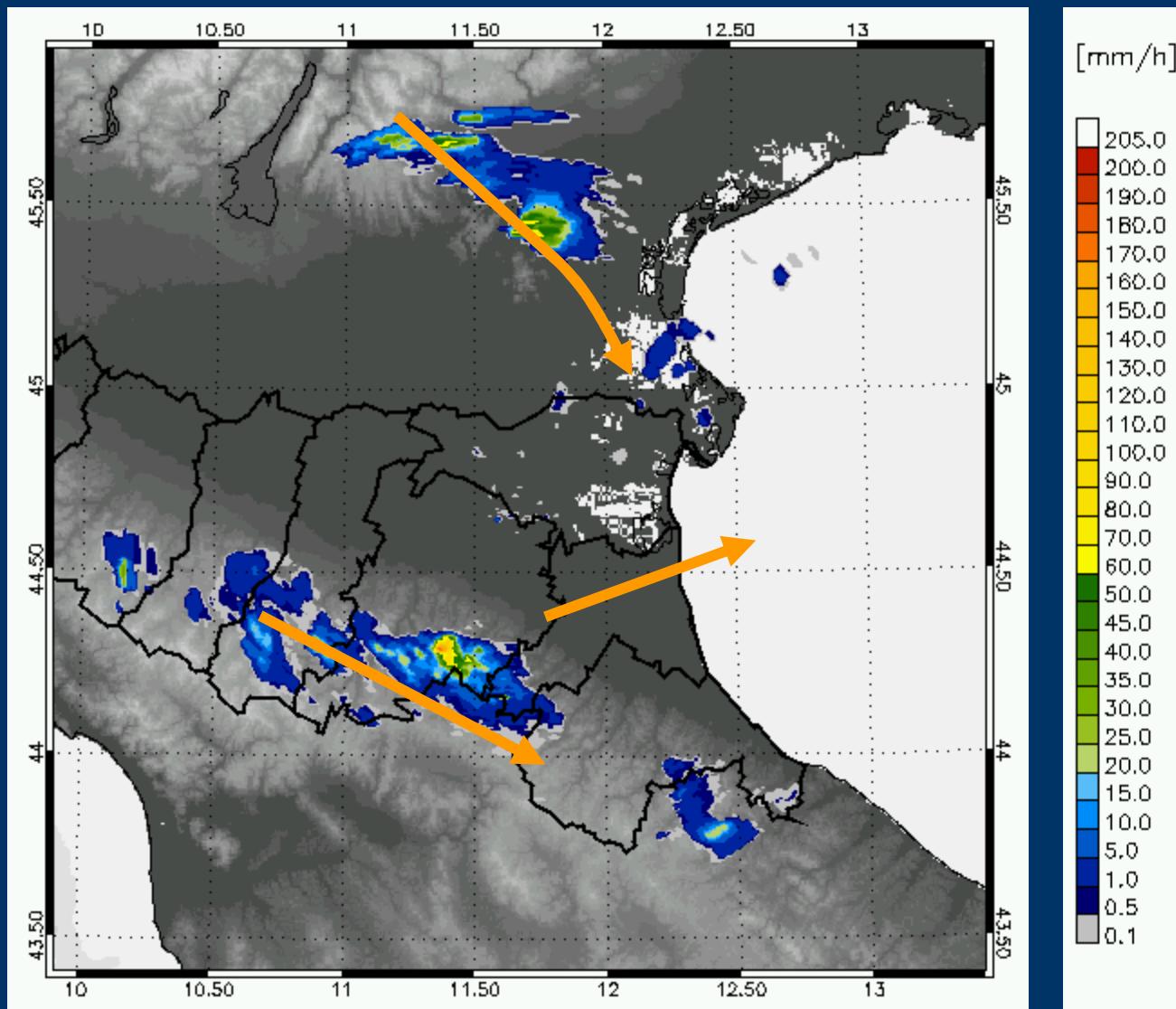
- Drop shape probability contours in rain from 2-D video disdrometer: implications for the 'Self consistency method' at C-band Thurai, M; Huang, G.J., Bringi, V.N., M. Schönhuber
- A new polarimetric scheme for attenuation correction at C band Ryzhkov, A.; Hudak, D. ; Scott, J.
- The impact of depolarization on polarimetric signatures in snow Ryzhkov, A.; Zrnic, D.
- Evaluation of Dual-polarisation Technology at C-band for Operational Weather Radars as part of the EUMETNET OPERA Programme Sugier, J; Tabary, P
- Simulation of ground clutter influence on polarimetric rainfall rate estimation Friedrich, K.; Germann, U.; Galli, G.; Tabary, P. ; Parent du Chatelet, J.
- Research on x-band doppler weather radar with dual-linear polarization capability Ziliang, Z; Guoguang, Z.; Xinan, L.
- A variational scheme for retrieving rainfall rate and hail intensity from polarization radar Hogan, R. J.
- Quantification of uncertainties in attenuation correction for single-polarization weather radars at C- and X-band Berne, A.; Uijlenhoet, R.; Vulpiani, G.; Marzano, F.S.
- Hydrometeor classification from C-band polarimetric radar data Evaristo, R.; Scialom, G. ; Lemaître, Y.
- Estimation of X-band radar attenuation due to wet hail: A simulation study using RAMS supercell case and dual-wavelength (S/X-band) radar Liu, Y.X.; Huang, G.J.; Bringi, V.N.; van den Heever, S.
- Estimates of moderate rainfall rates with operational polarisation radars. Thompson, RJ; Illingworth, AJ; Szalinska, W
- Comparison of two X-band DSD retrieval algorithms Anagnostou, M; Anagnostou, E; Vivekanandan, J
- Characteristics of polarimetric radar variables and their precipitation type dependence in a highly humid oceanic region Shusse, Y.; Nakagawa, K.; Takahashi, N.; Satoh, S.; Iguchi, T.
- Overview of the calibration of the University of Helsinki polarimetric weather radar Puhakka, P. V.
- University of Helsinki research radar setup Puhakka, T; Leskinen, M; Puhakka, P; Niemi, S; Konkola, L; Tollman, N
- Simulation of the specific differential phase (KDP) from 2D- Video-Distrometer measurements at S- and C-band wavelengths Teschl, F.; Randeu, W. L.; Schönhuber, M.; Teschl, R.
- Xband polarimetric measurements in west african rainfall. Gosset, M.; Cazenave, F.; Zahiri, E.P.; Sounmaila, M.

- SESSION 2 - SIGNAL PROCESSING AND NEW DEVELOPMENTS
  - Spectral processing of staggered PRT sequences to remove clutter and obtain polarimetric variables Zmic, D.; Sachidananda, M.
  - Real time mitigation of Anomalous Propagation Clutter Hubbert, J.C.; Dixon, M.
  - Adaptive clutter identification and filtering using subspace processing technique Wang, Y.; Chandrasekar, V.
  - Estimation of Doppler Spectrum Parameters: Comparison between FFT-based Processing and Adaptive Filtering Processing Figueras i Ventura, J.; Pinsky , M.; Sterkin, A.; Khain, A.; Russchenberg, H.W.J
  - Measuring the linear depolarization ratio simultaneously with the other polarimetric variables Stagliano, J; Helvin, J; Alford, J; Nelson, D
  - Crossbeam Wind Measurements with Phased-Array Doppler Weather Radar Doviak, R.; Zhang, G.
  - On the performance of the NLFM pulse compression with polarimetric Doppler radar Puhakka, T; Puhakka, P; O'Hora, F
  - Design considerations for improved tornado detection using super-resolution data on the NEXRAD network Torres, S; Curtis, C
- SESSION P2 - SIGNAL PROCESSING AND NEW DEVELOPMENTS
  - Refractivity measurements from operational C-band radars Nicol, J; Darlington, T; Kitchen, M; Illingworth, A J
  - Spectral polarimetric VAD separates bird from insect (wind) velocities Bachmann, S; Zmic, D
  - Xport, a compact radar for hydrological application Cazenave, F.; Gosset, M.; Dossougouin, J.
  - Differential power calibration for weather radar Hubbert, J.C.; Pratte, F.; Ellis; Dixon, M.
  - Comparison of Pulse Compression and Whitening Transform Signal Processing O'Hora, F.; Keeler, J.
  - A new approach for target classification of Ka-band radar data Teschke, G.; Görnsdorf, U.; Körner, P.; Trede, D.
  - Waveform design considerations for CASA radar network Bharadwaj, N; Chandrasekar, V

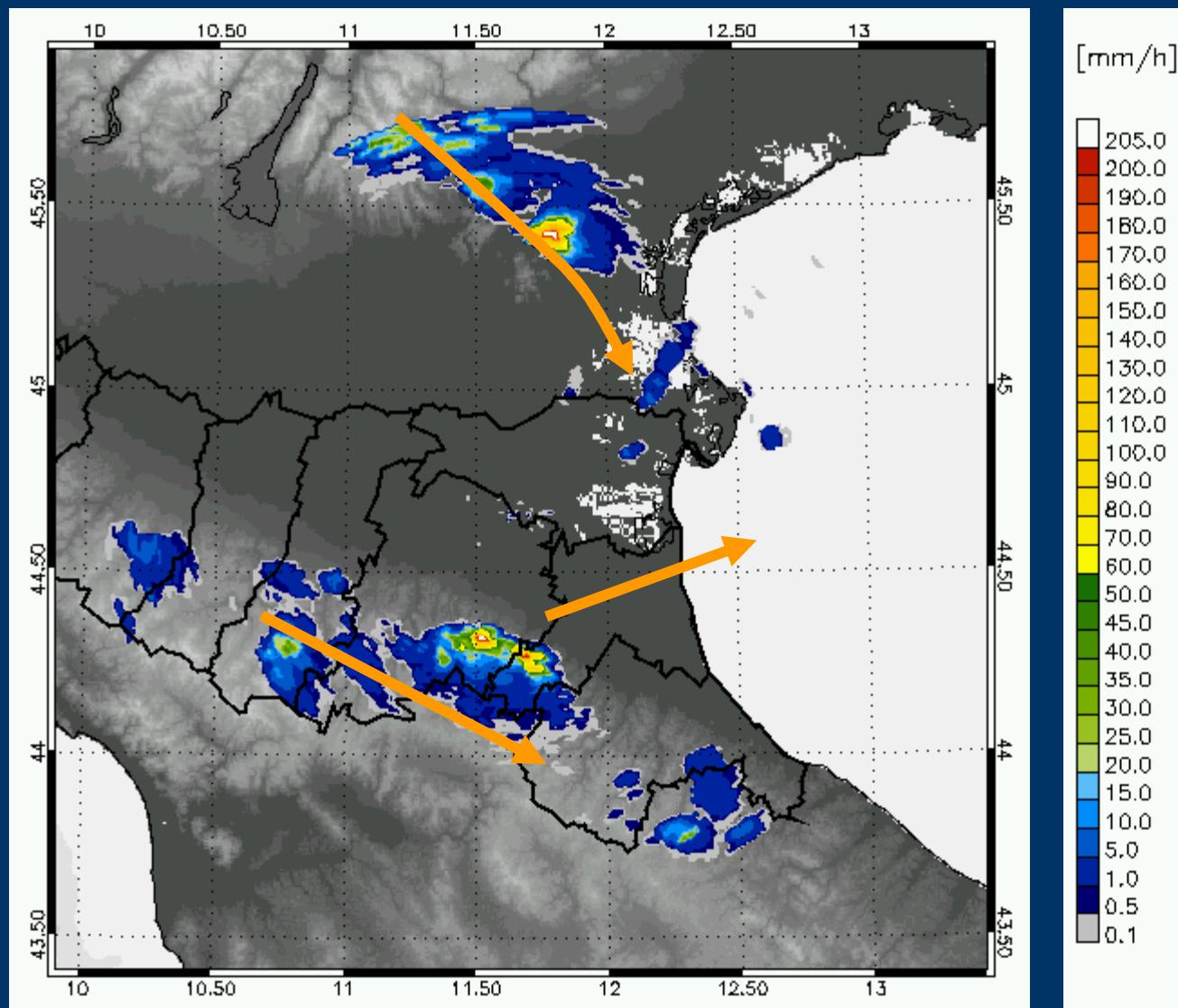


# *Introduction to the case study*

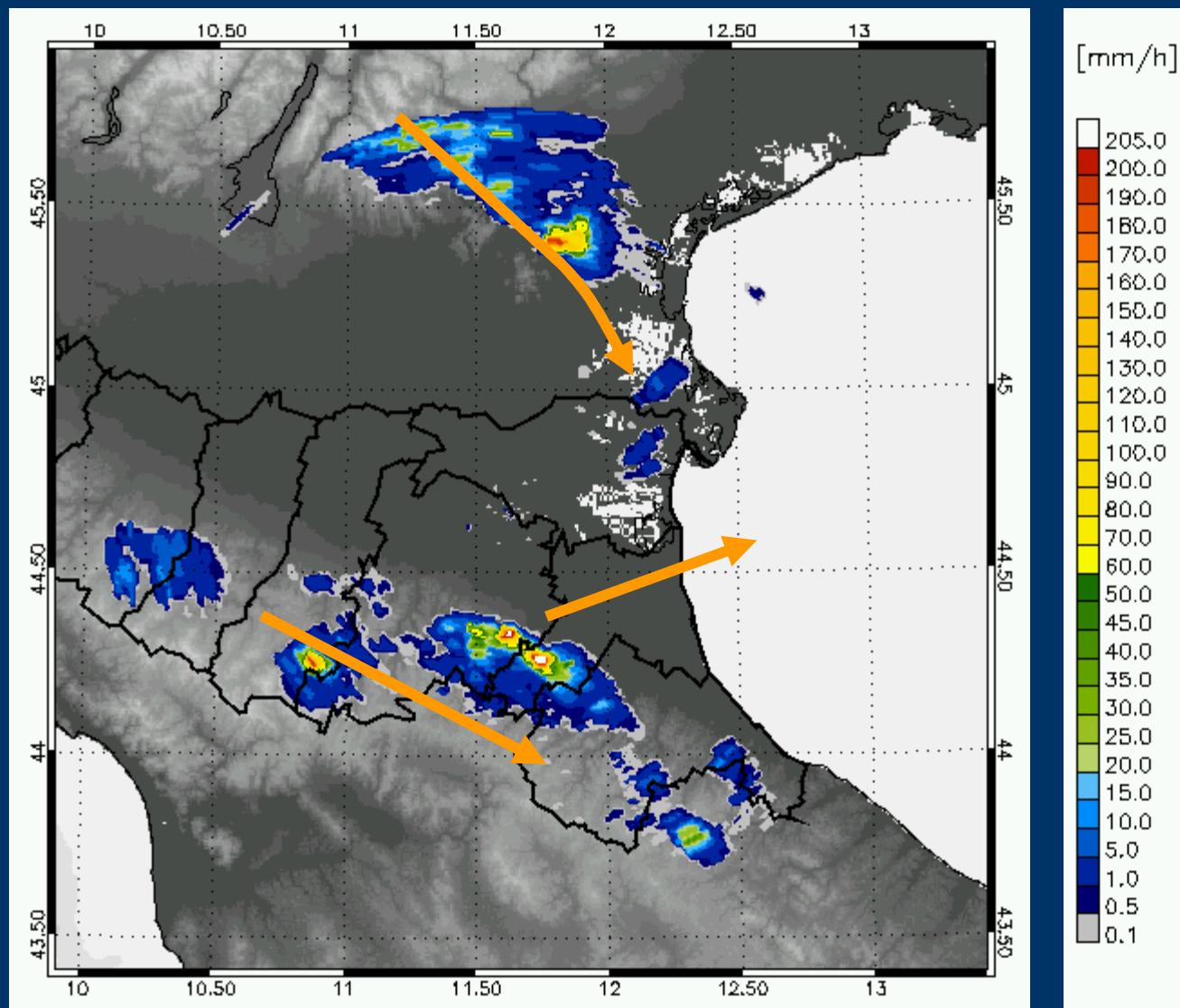
03/04/2006 13:00 GMT



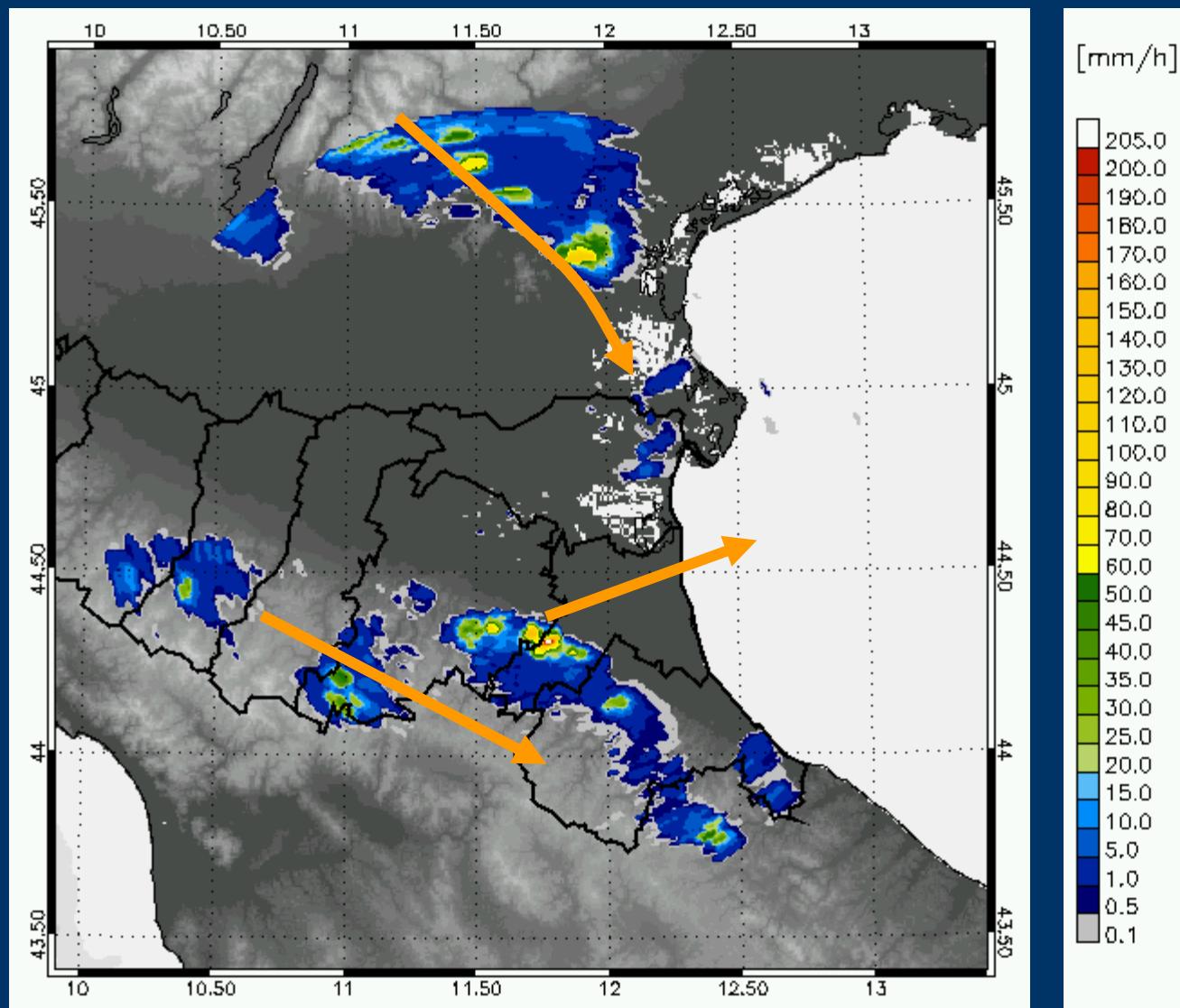
03/04/2006 13:15 GMT



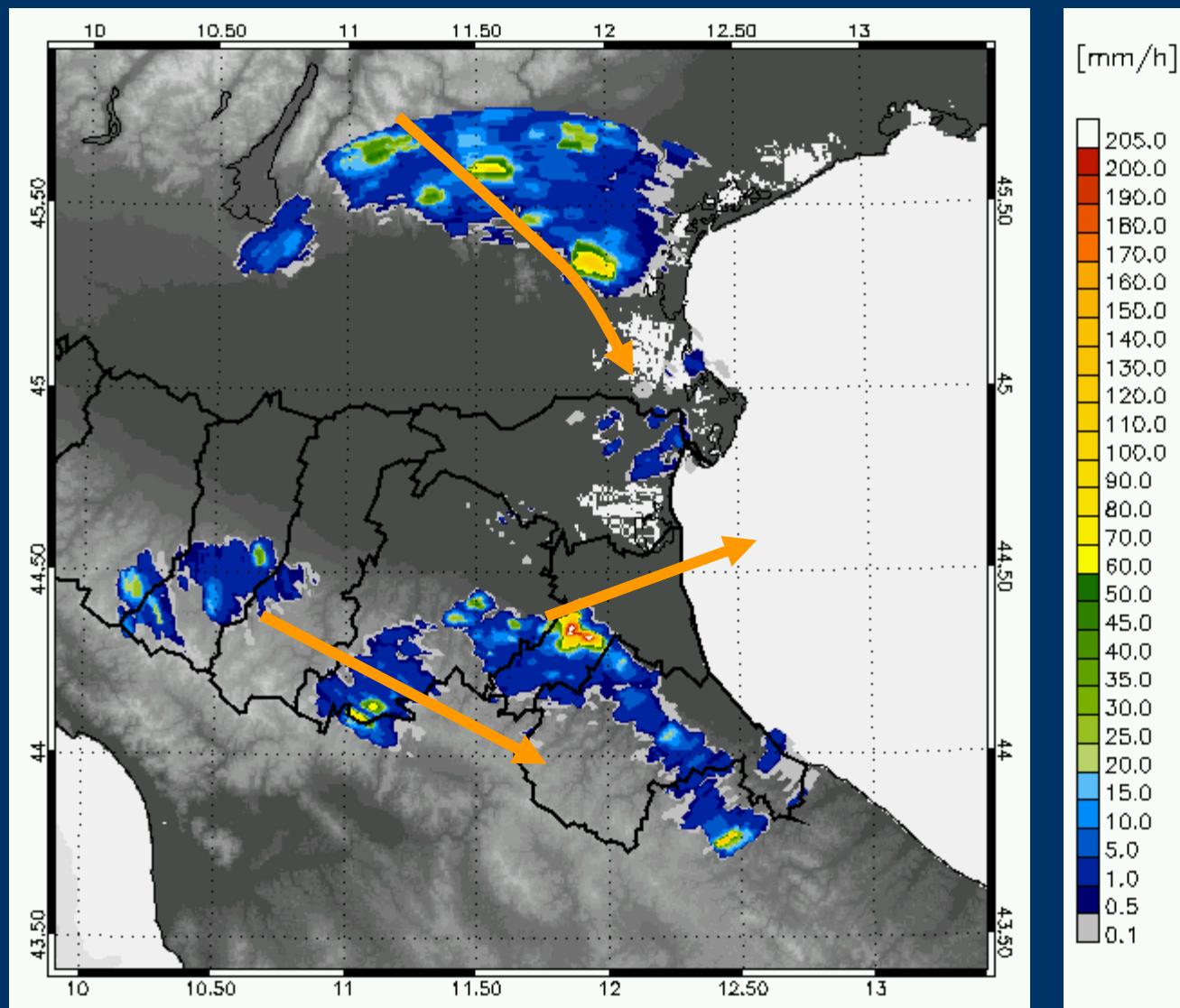
03/04/2006 13:30 GMT



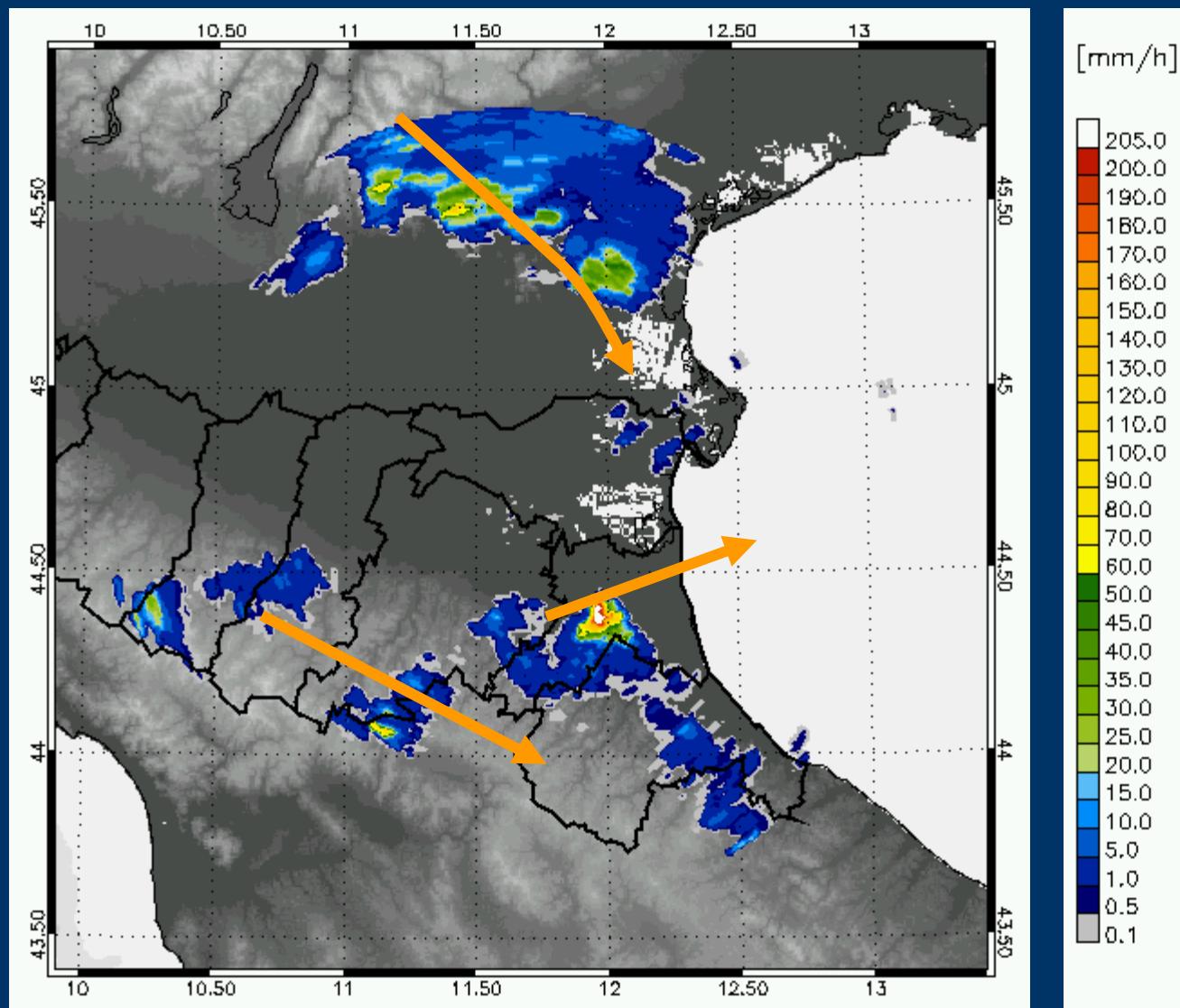
03/04/2006 13:45 GMT



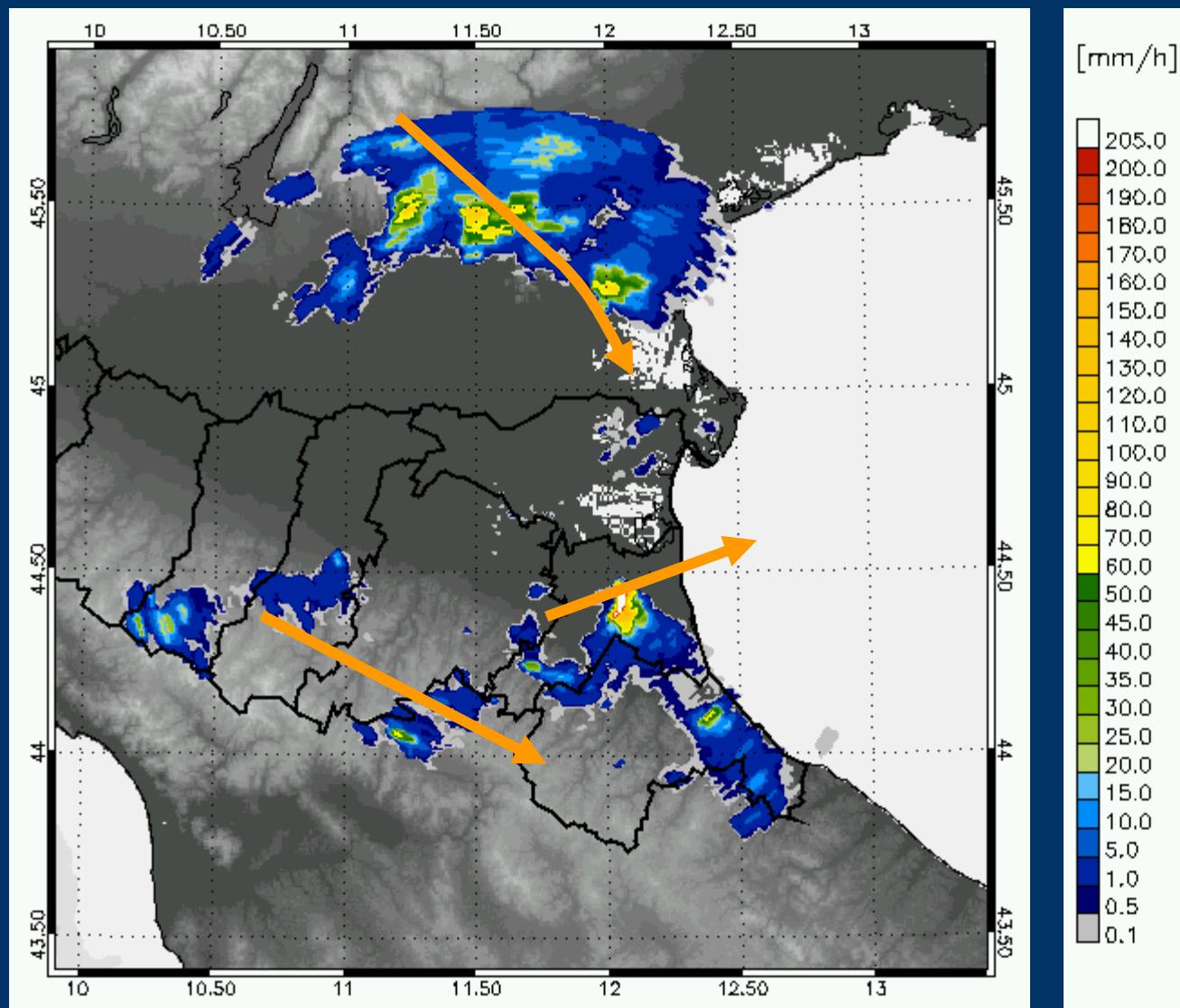
03/04/2006 14:00 GMT



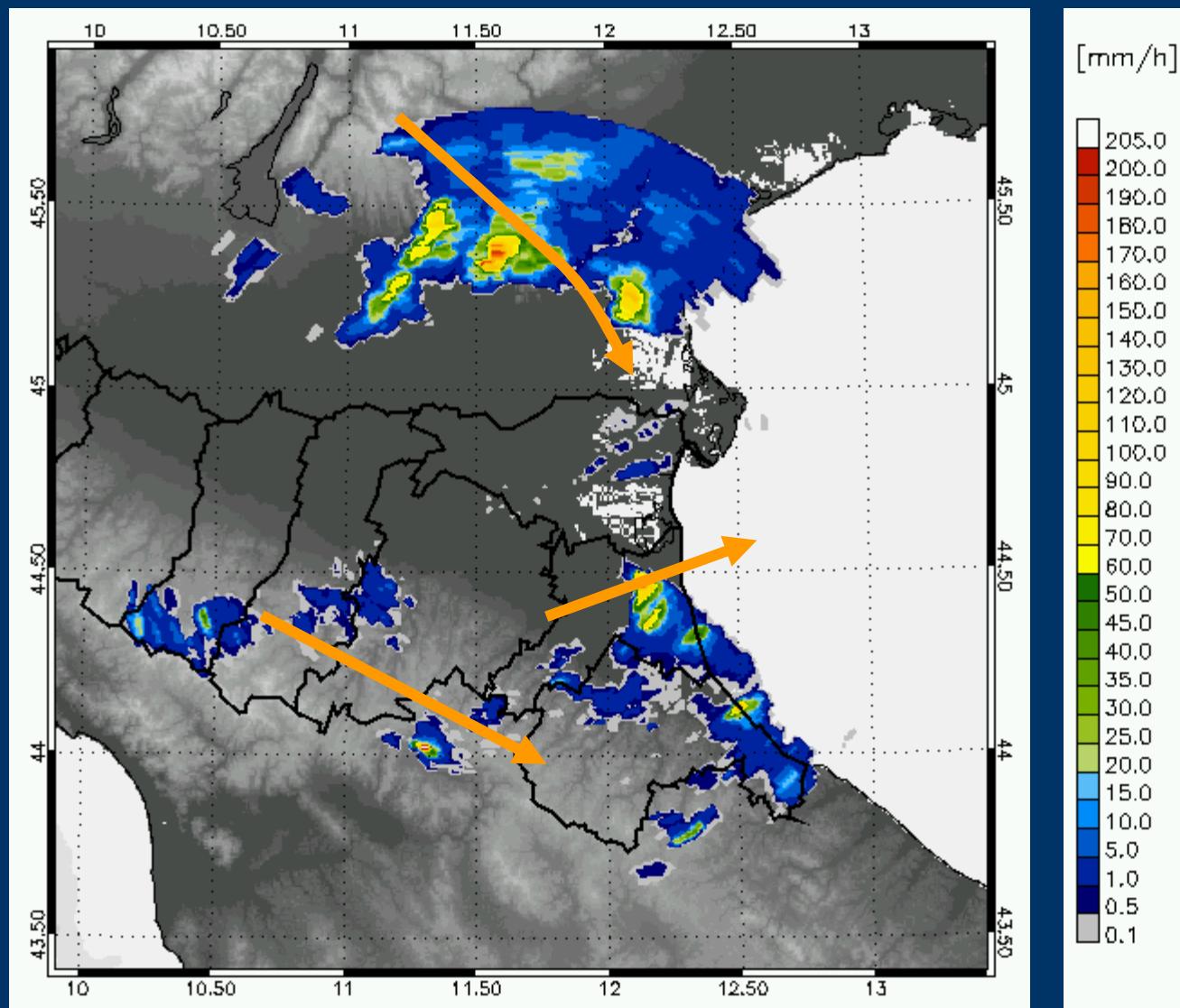
03/04/2006 14:15 GMT



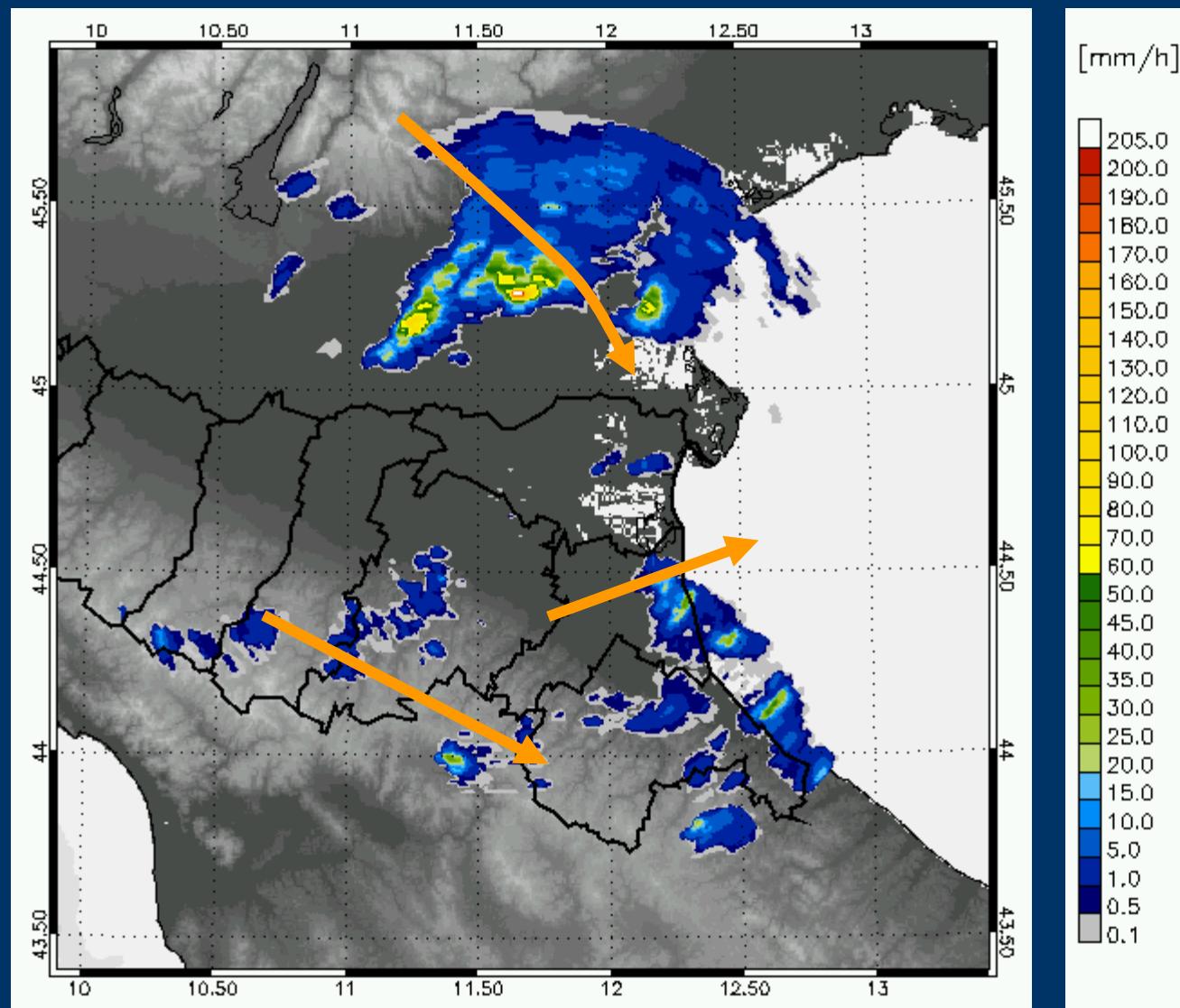
03/04/2006 14:30 GMT



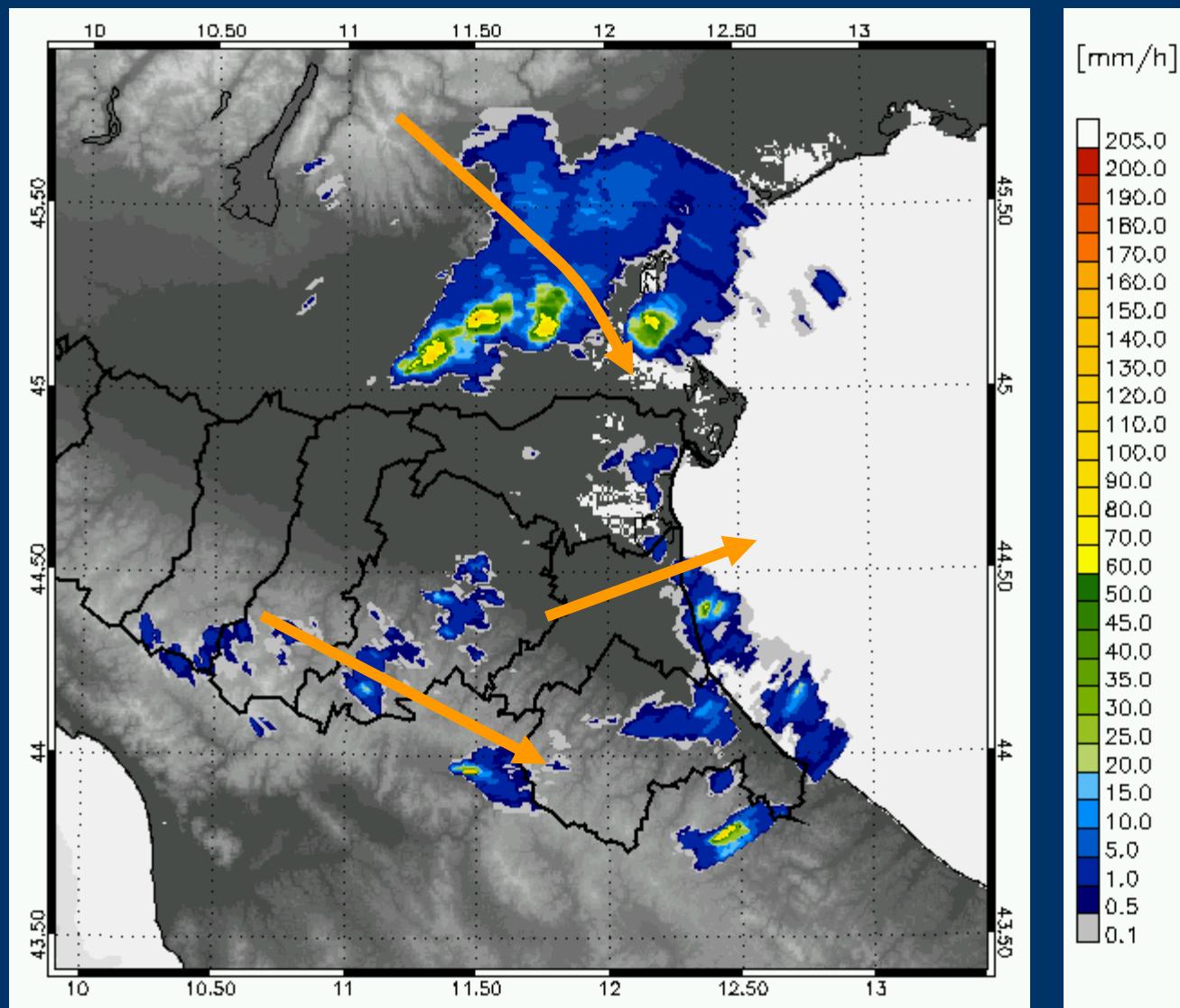
03/04/2006 14:45 GMT



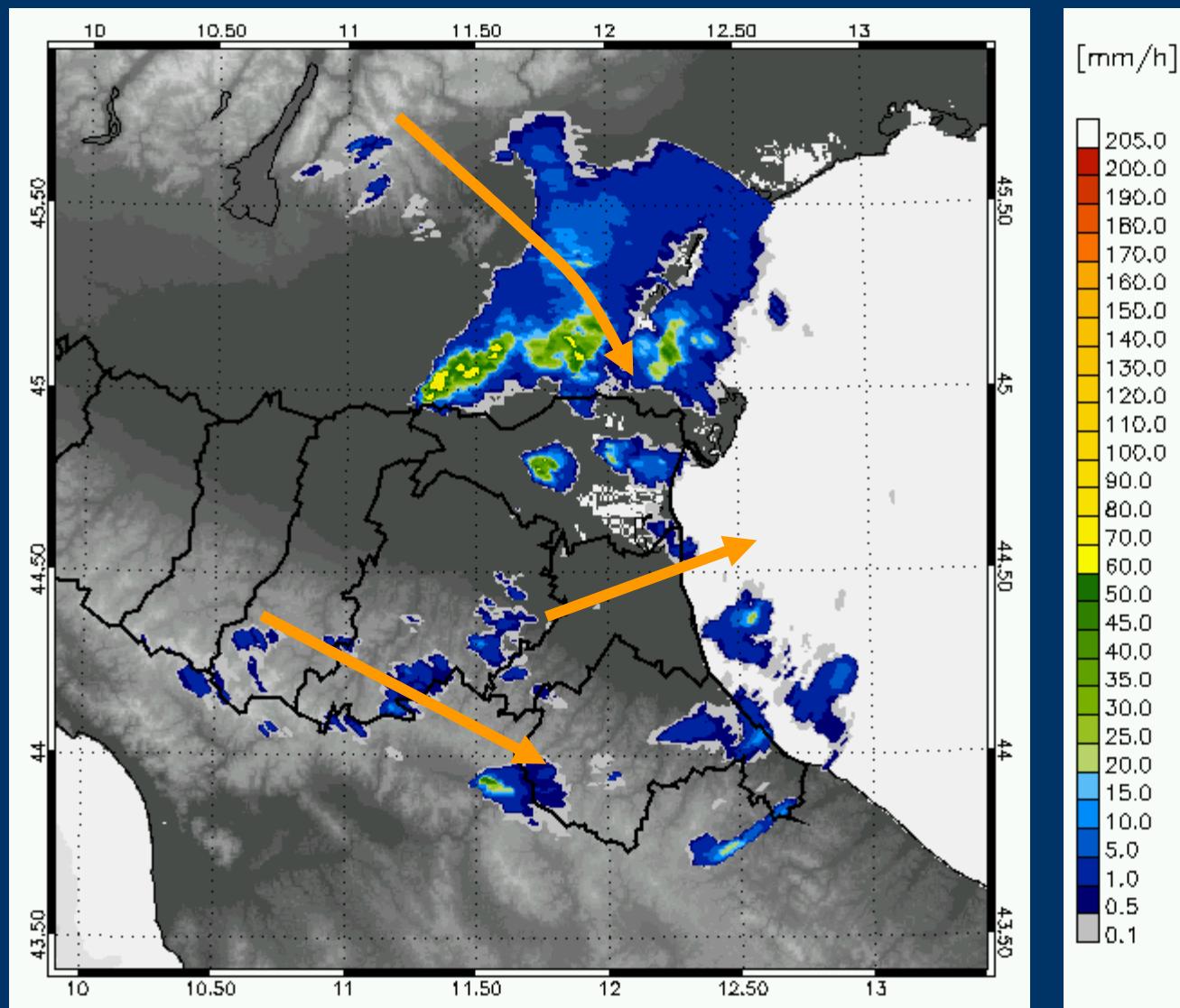
03/04/2006 15:00 GMT



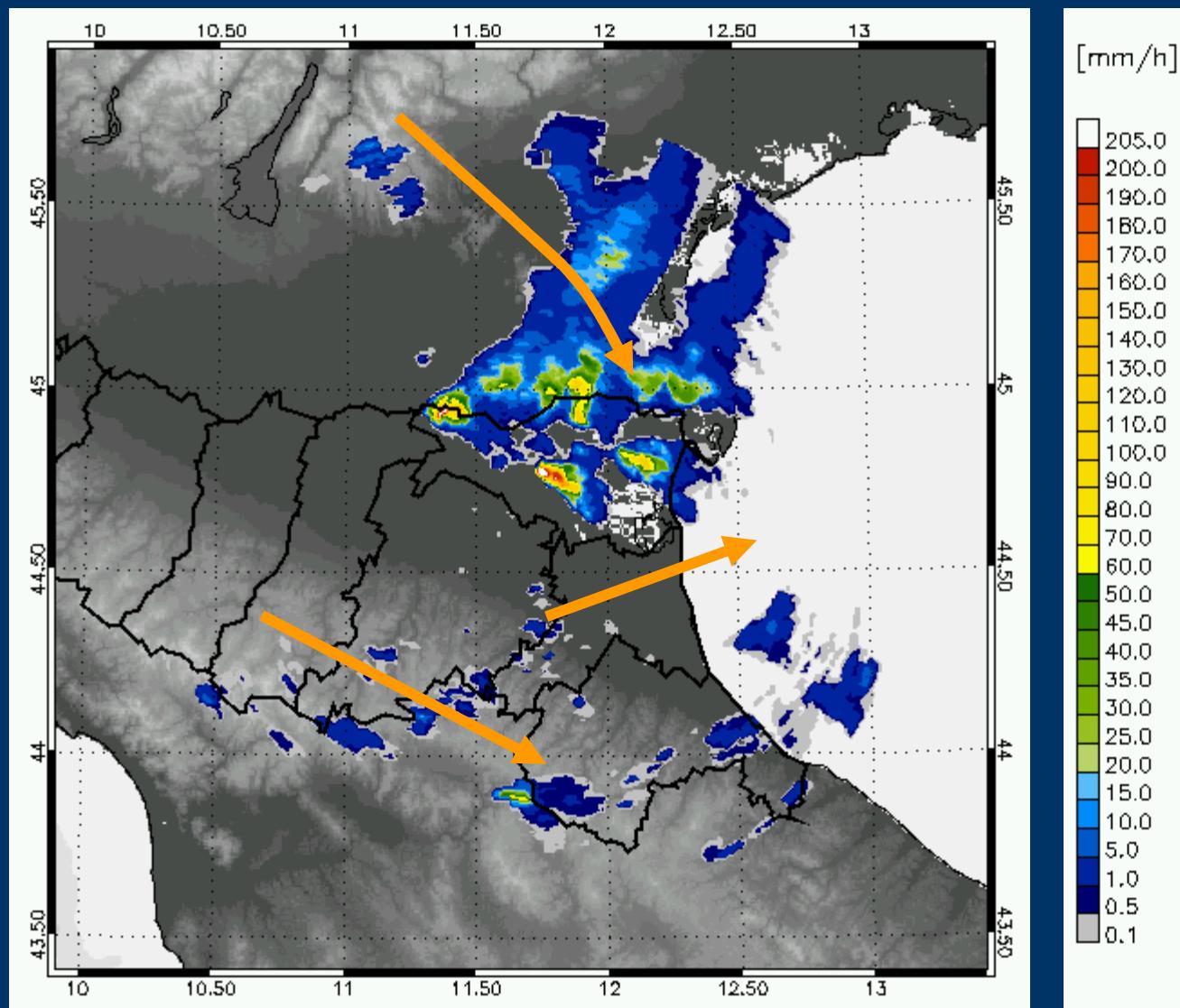
03/04/2006 15:15 GMT



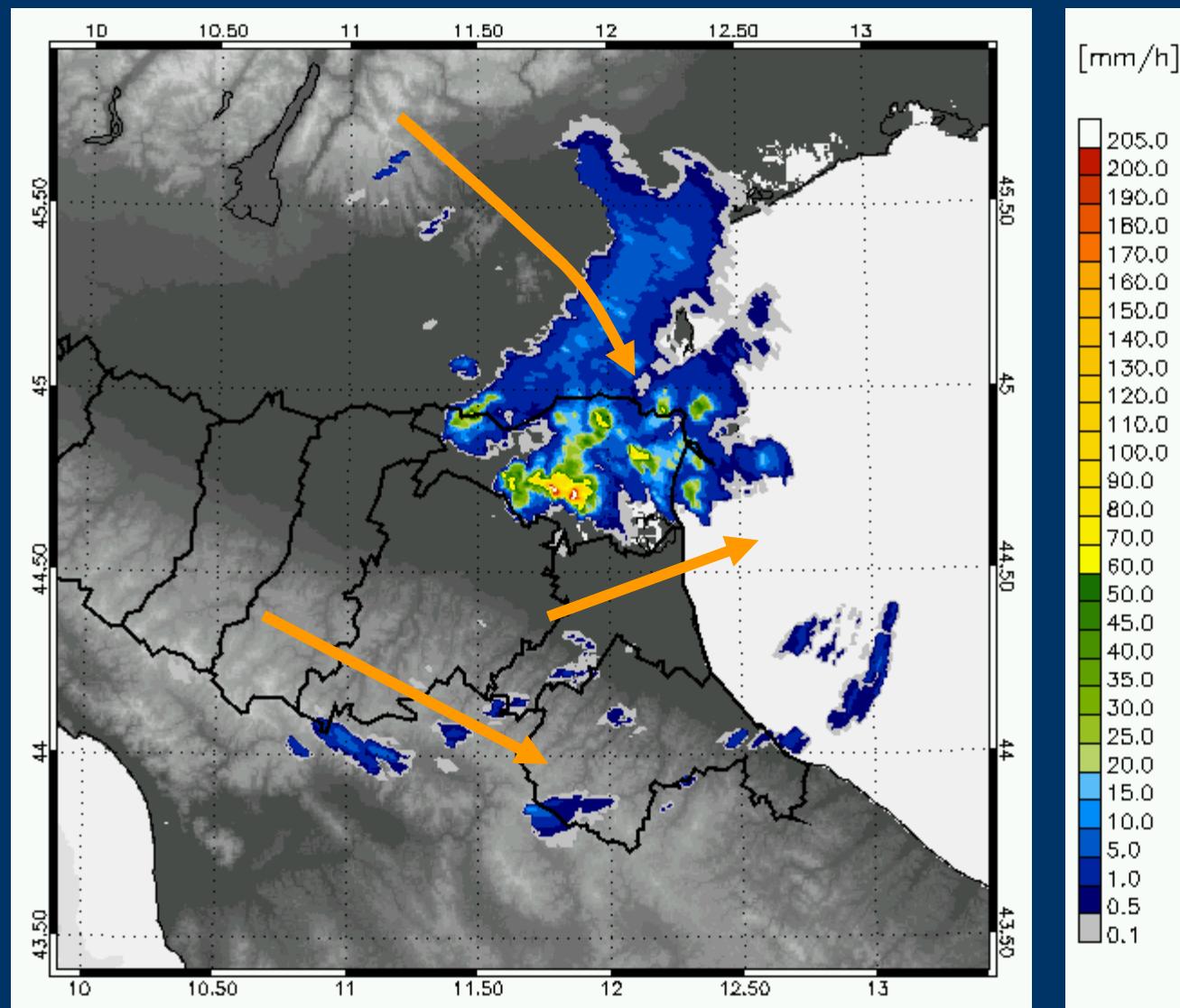
03/04/2006 15:30 GMT



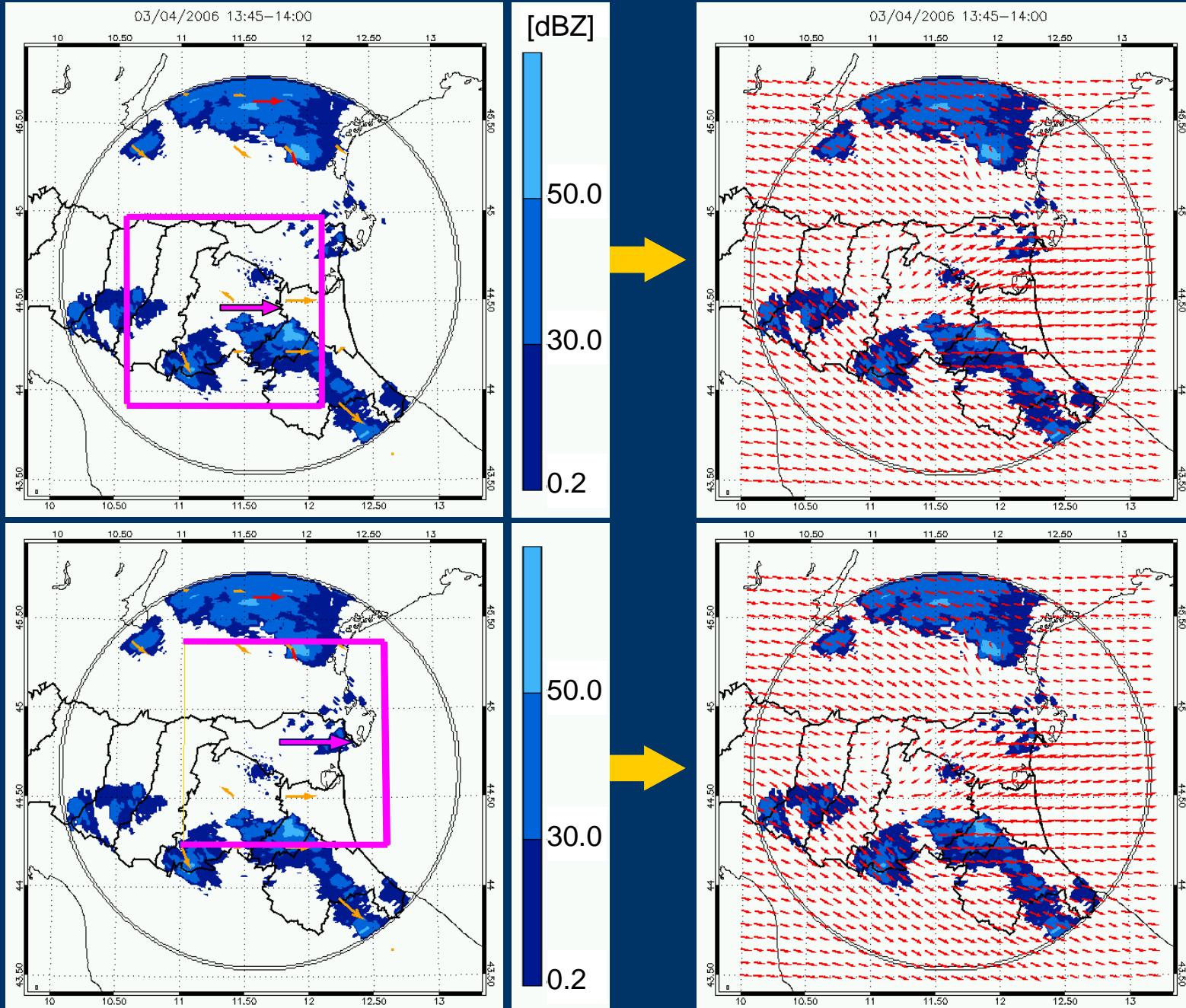
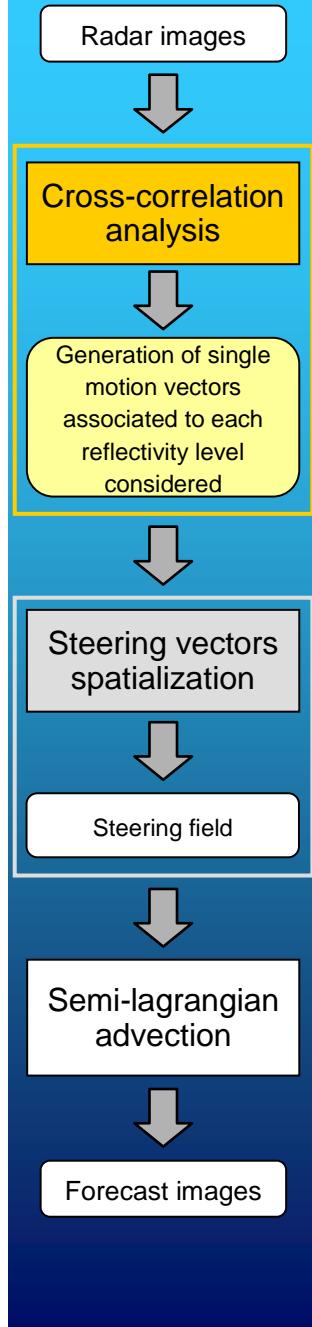
03/04/2006 15:45 GMT



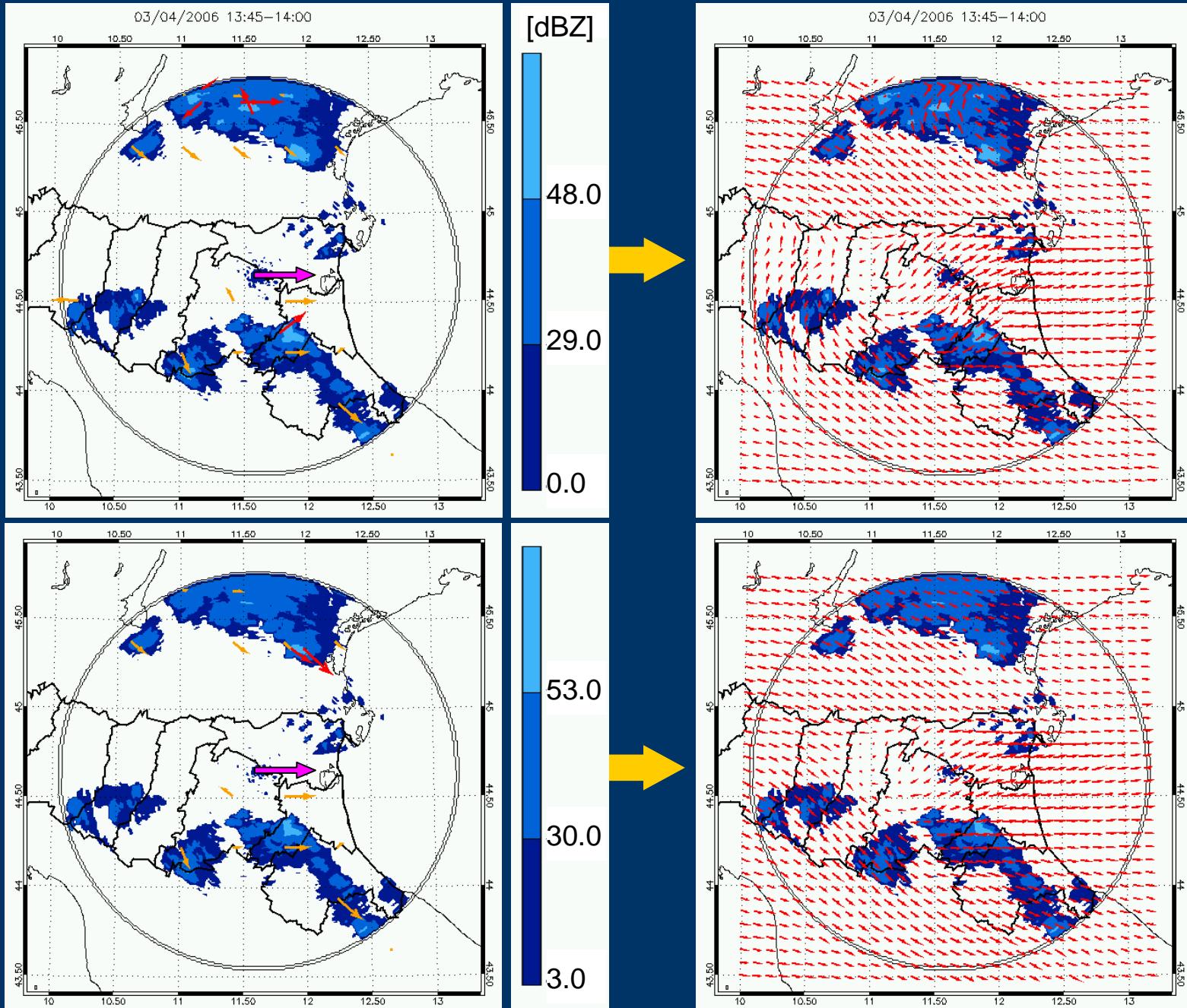
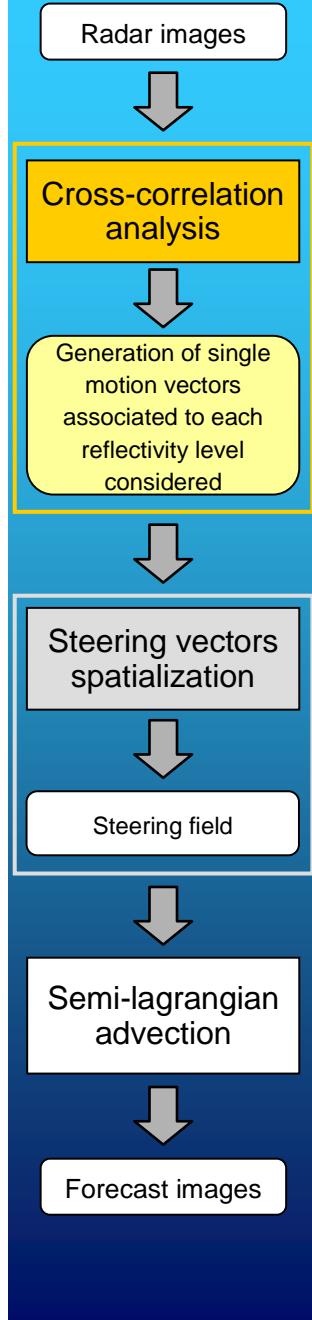
03/04/2006 16:00 GMT



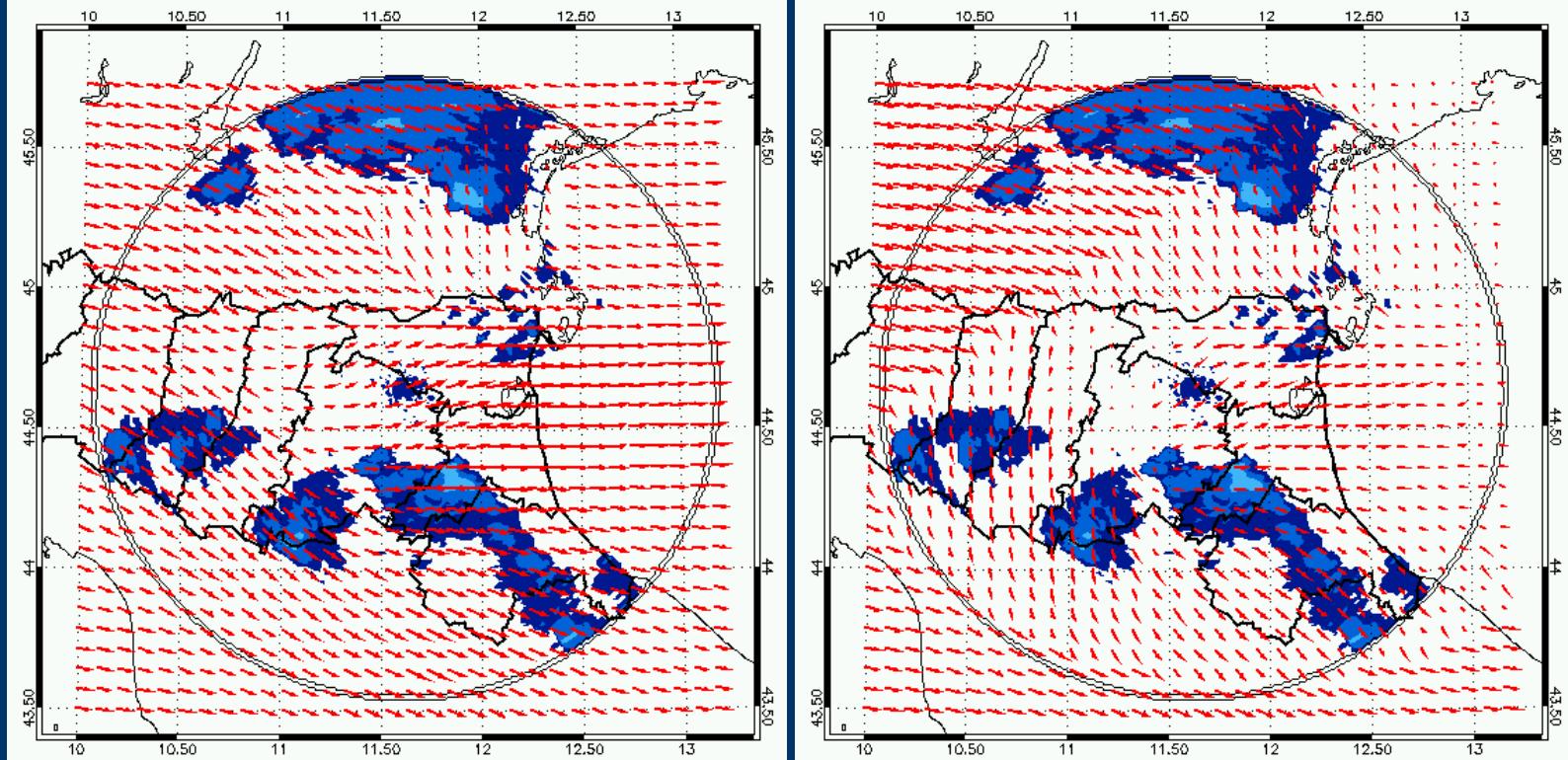
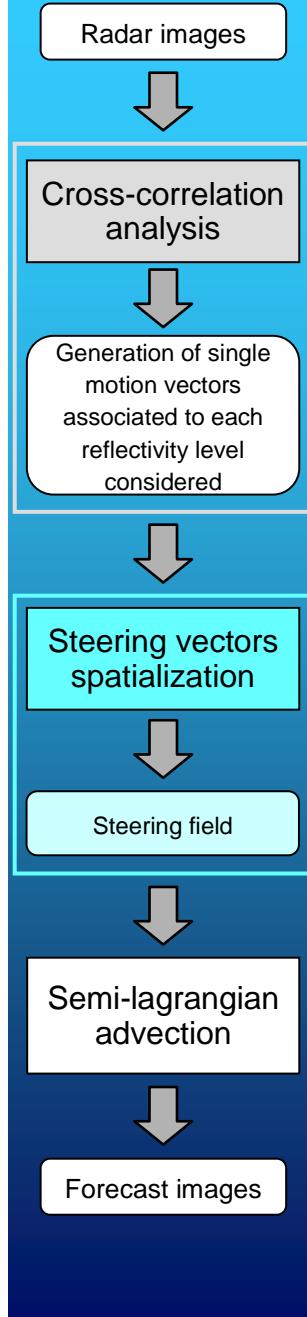
# Random choice of cross-correlation domain



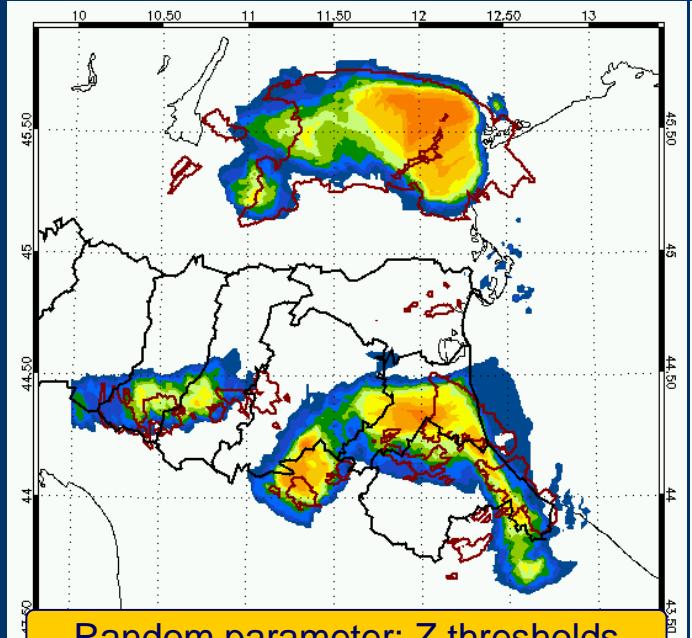
# Random choice of reflectivity thresholds



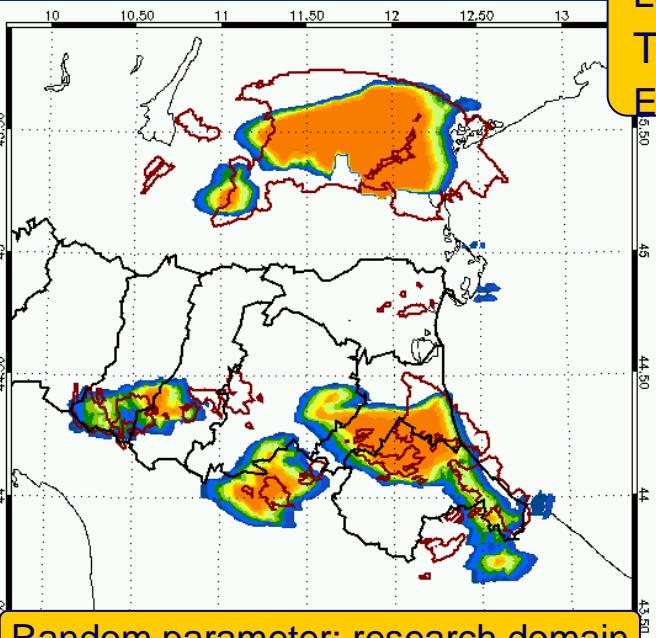
# *Random choice of influence radius*



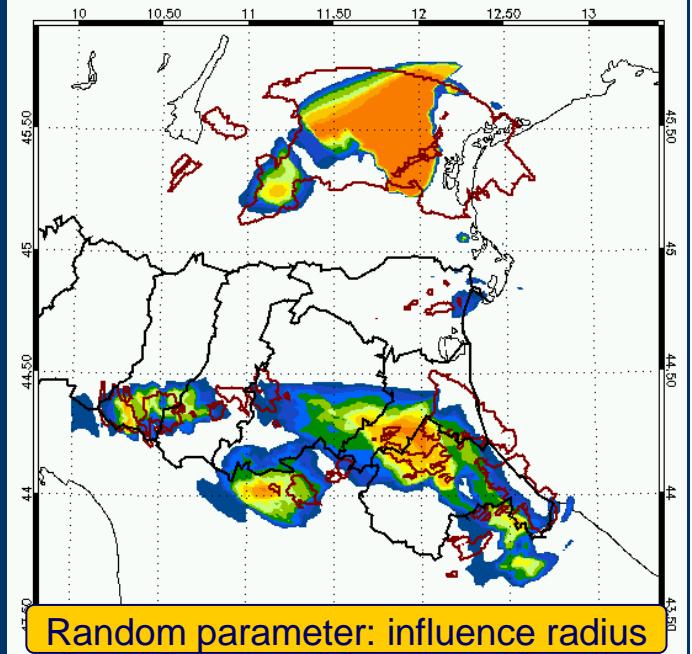
# Probabilistic forecast



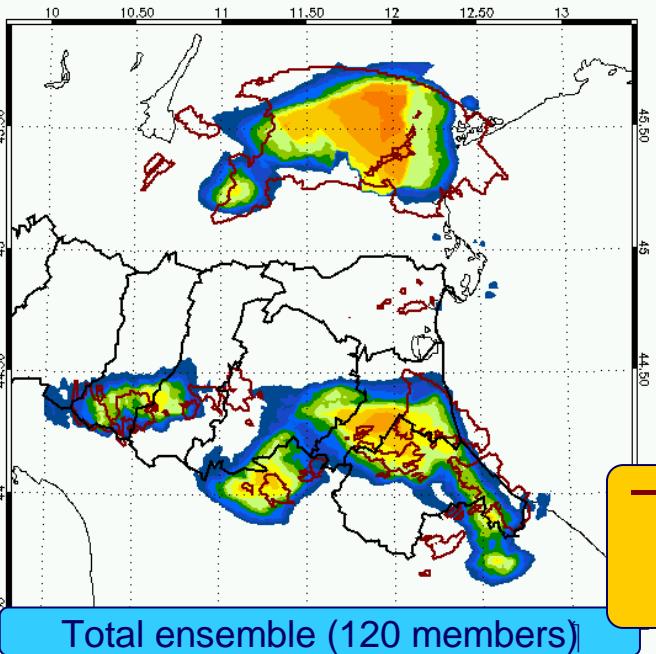
Random parameter: Z thresholds



Random parameter: research domain

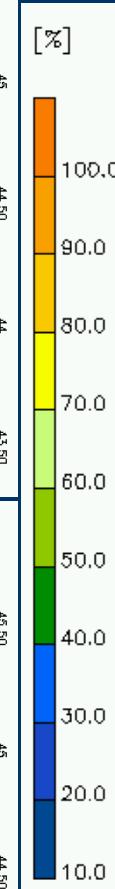


Random parameter: influence radius



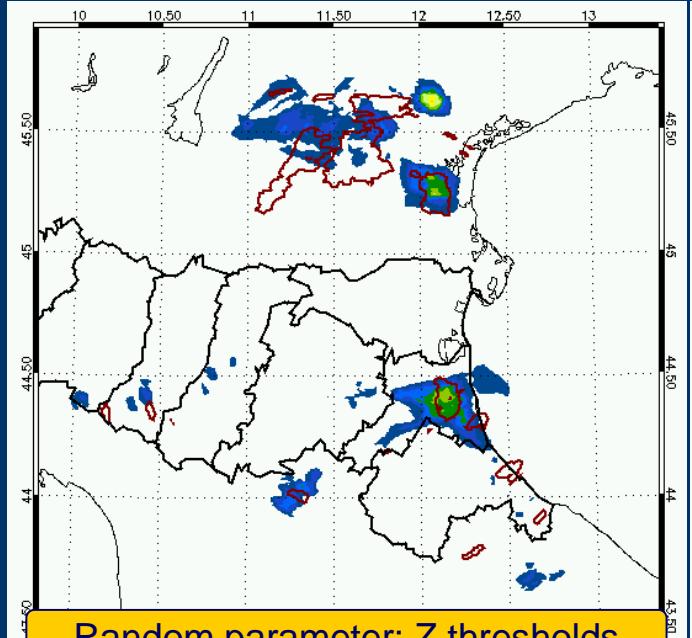
Total ensemble (120 members)

Lead time: 45 minutes  
Threshold: 20 dBZ  
Ensemble members: 40

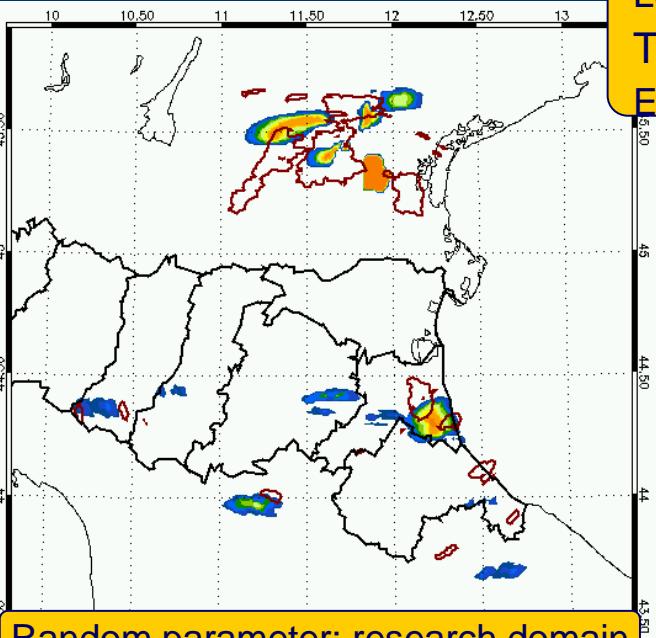


Observed field  
forecast time for  
considered  
threshold

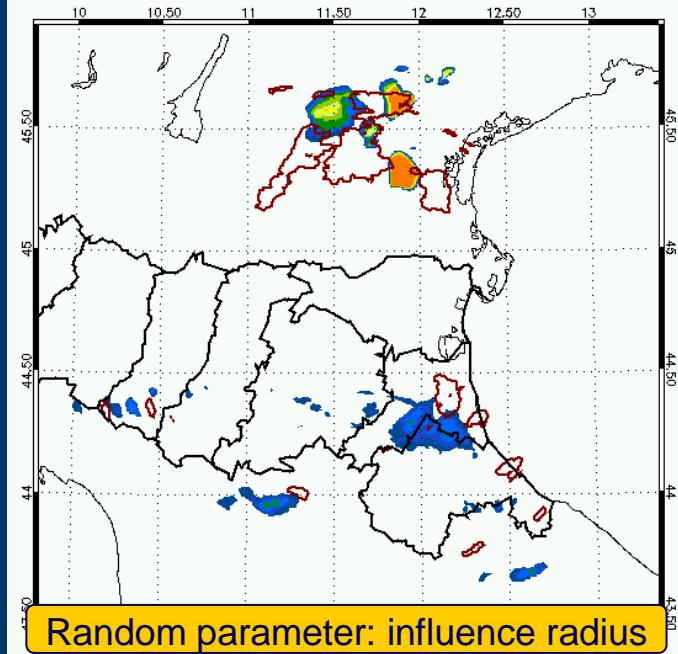
# Probabilistic forecast



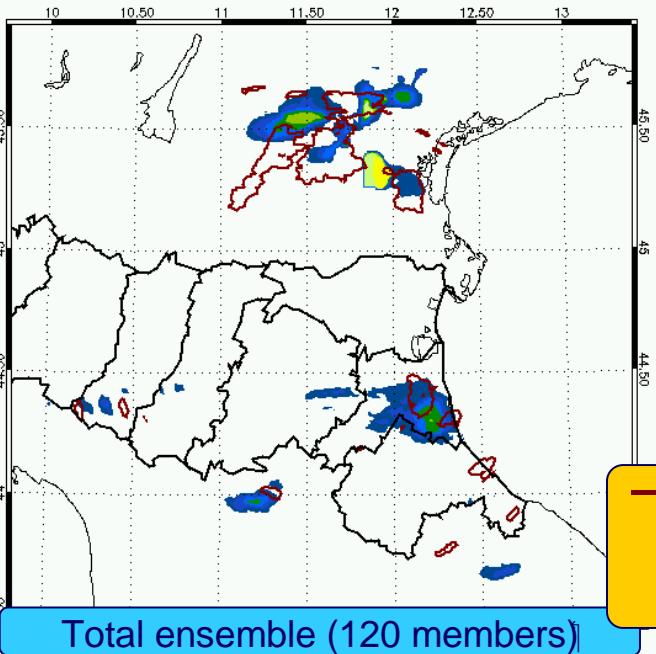
Random parameter: Z thresholds



Random parameter: research domain

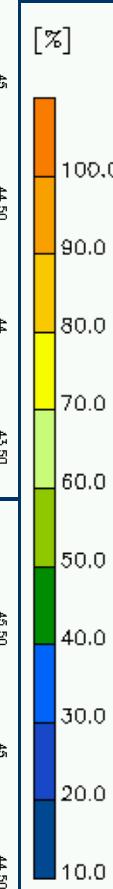


Random parameter: influence radius



Total ensemble (120 members)

Lead time: 45 minutes  
Threshold: 40 dBZ  
Ensemble members: 40



Observed field  
forecast time for  
considered  
threshold

