



PIB-M. FASE PRESENCIAL. 2022  
TELEDETECCIÓN PRÁCTICA  
RADARES

## 6.- TORMENTAS EN RADAR

Jesús Riesco Martín.  
jriescom@aemet.es

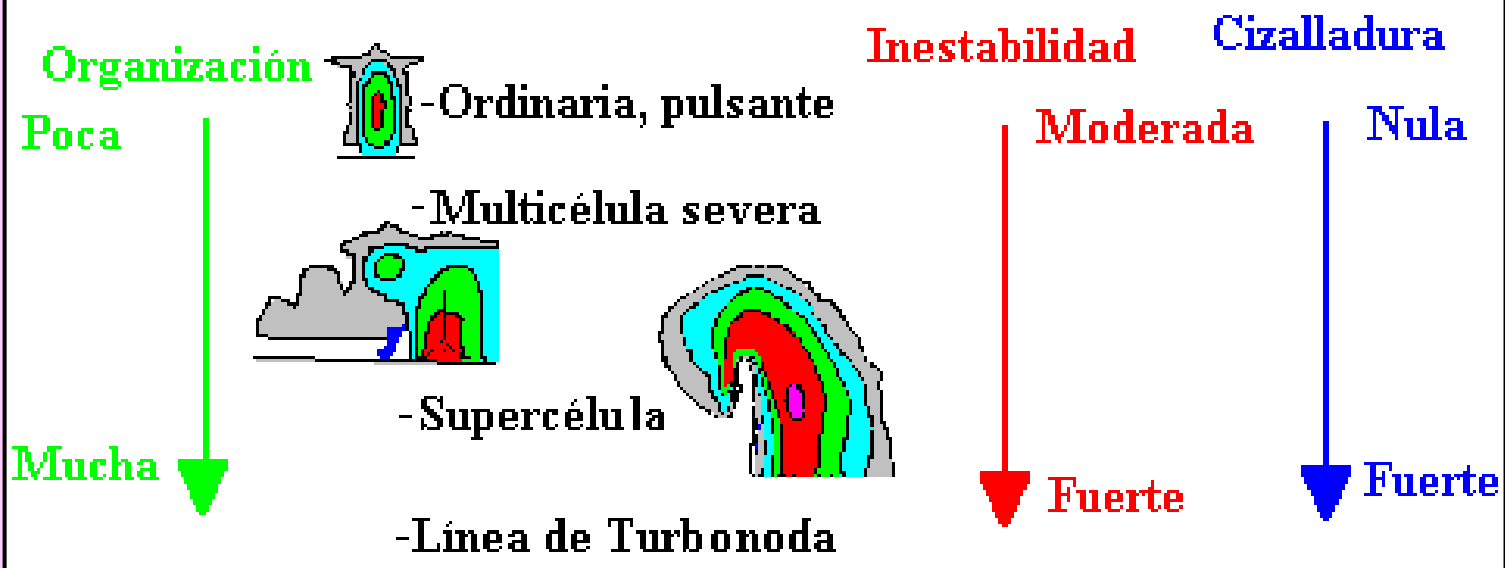
# Modelos conceptuales radar

## OBSERVACION DE FENOMENOS CONVECTIVOS POR RADAR

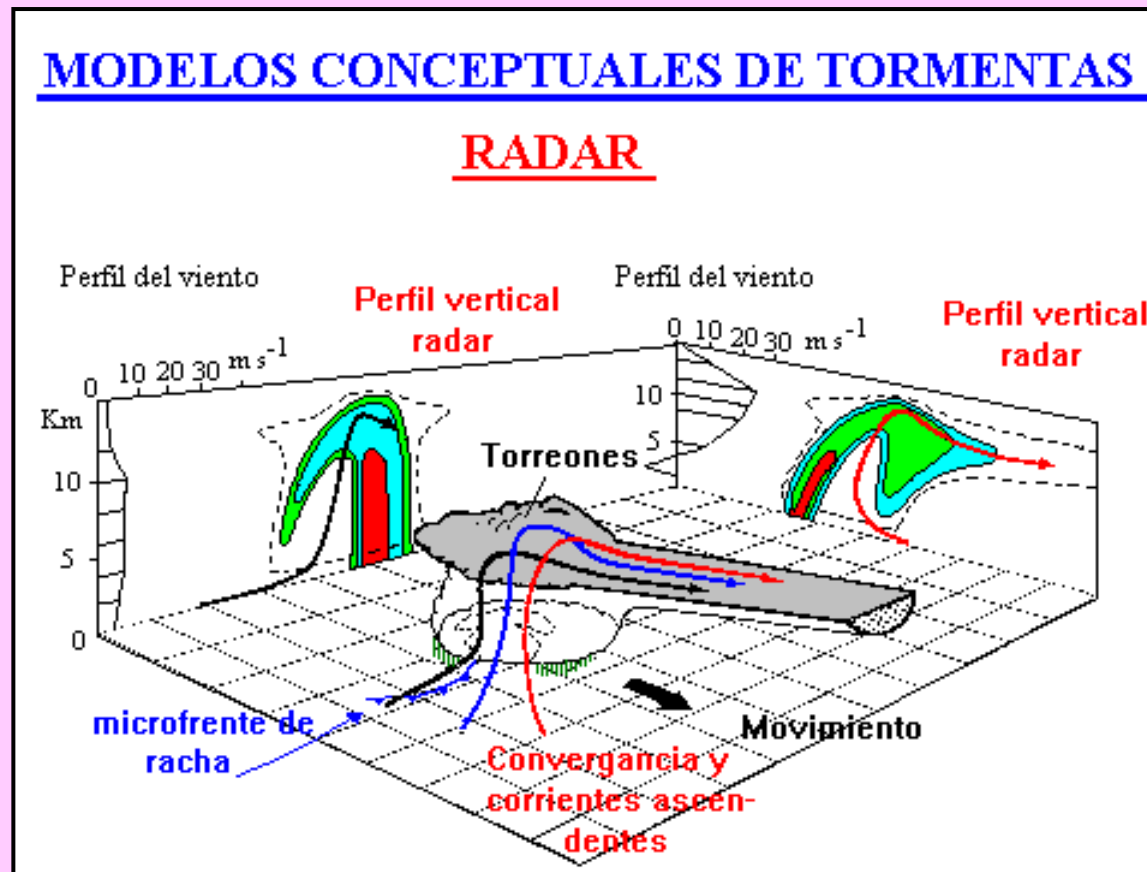
### Principios generales:

Severidad y eficiencia  
Cizalladura del viento

### Modelos de tormentas:



# Necesidad de adaptar estos modelos conceptuales: al propio radar y a la zona en cuestión



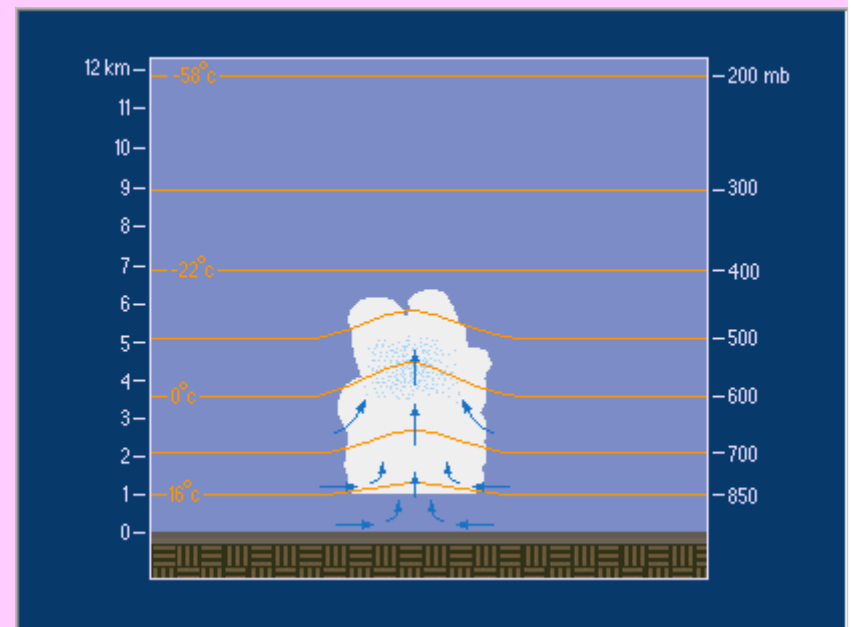
## CELULA ORDINARIA O SIMPLE

- Una sola pareja de corrientes ascendente y descendente.
- Entornos con débil cizalladura vertical.
- La corriente descendente rápidamente reemplaza y erosiona a la ascendente.
- Típico chubasco convectivo de 30-60 min., intenso

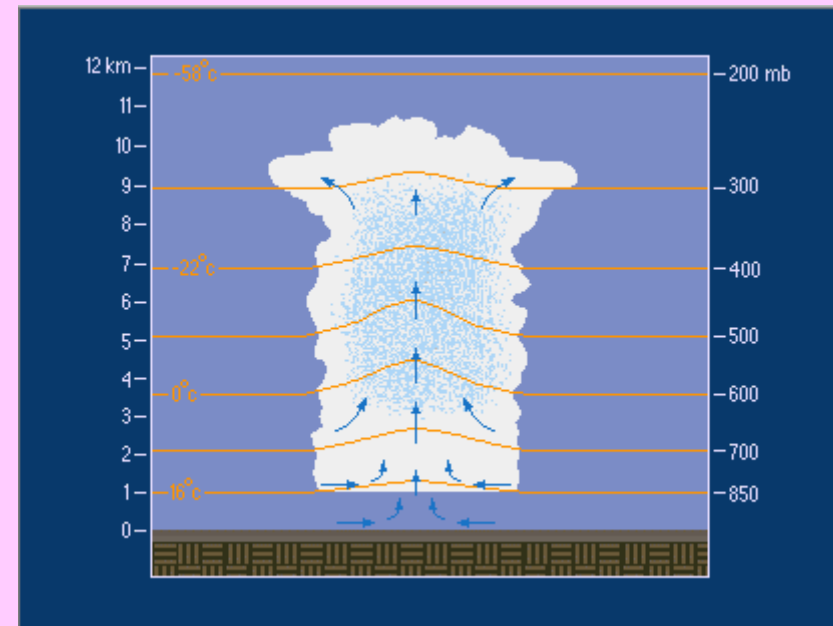
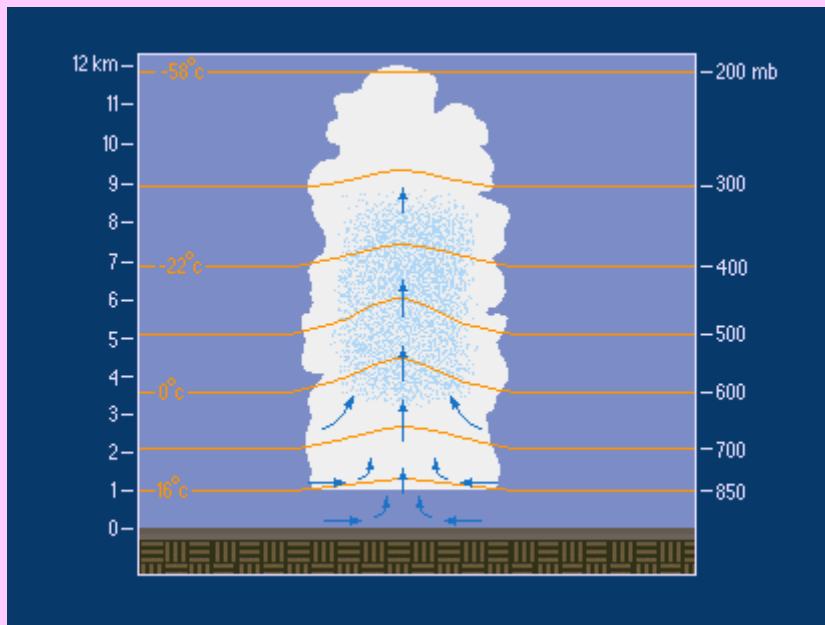
# CELULA ORDINARIA O SIMPLE

## CICLO DE VIDA DE LA CÉLULA SIMPLE

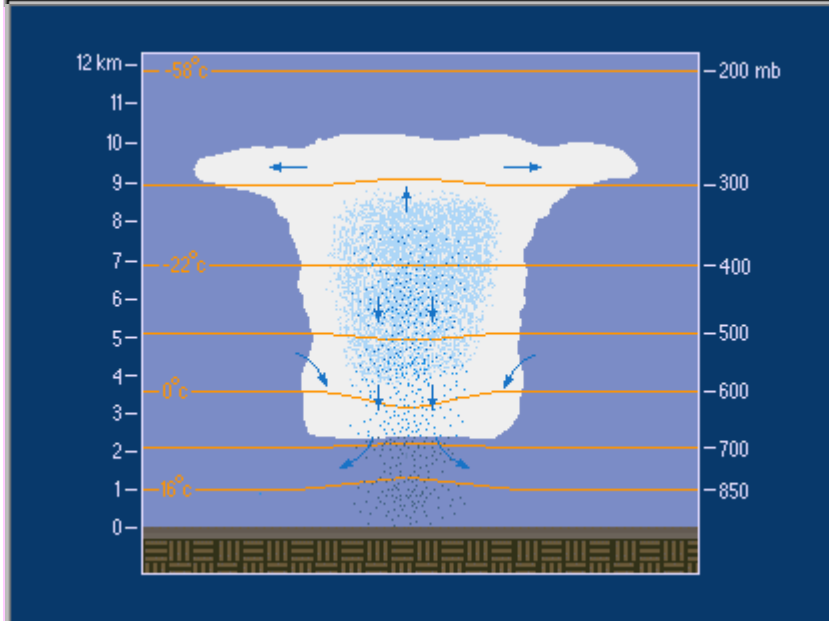
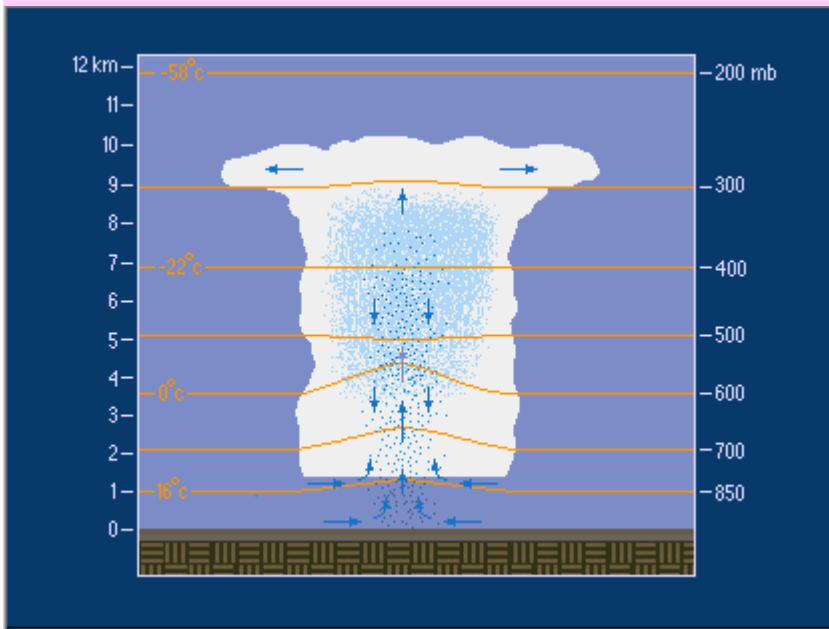
Fase inicial o de cúmulo:  
corriente ascendente hasta que  
llega al nivel de equilibrio y se  
forman los primeros  
"overshootings" o torreones.



# CELULA ORDINARIA O SIMPLE



# CELULA ORDINARIA O SIMPLE



## CICLO DE VIDA DE LA CÉLULA SIMPLE:

Fase de madurez: se empieza a formar el penacho o yunque, comienzan a aparecer corrientes descendentes.

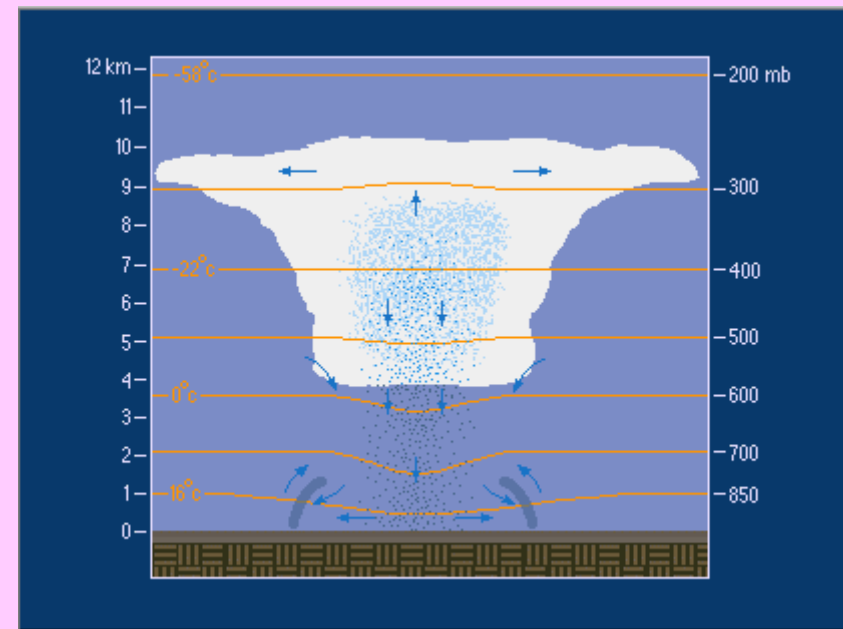
# CELULA ORDINARIA O SIMPLE

## CICLO DE VIDA DE LA CÉLULA SIMPLE:

Fase de disipación: las corrientes descendentes de aire frío alcanzan el suelo,

Se forma el frente de racha y el embolsamiento frío en SFC

Sólo hay corriente descendente y la nubosidad residual de la cima nubosa.

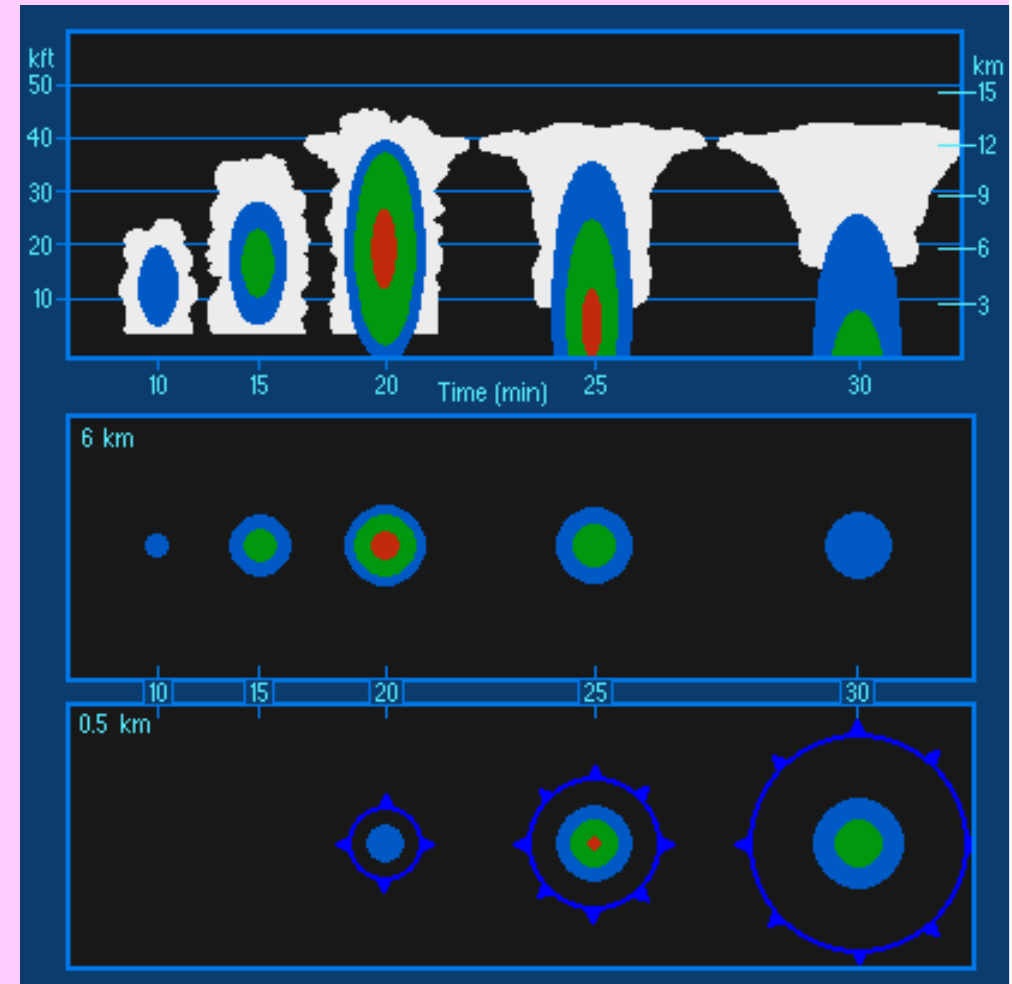




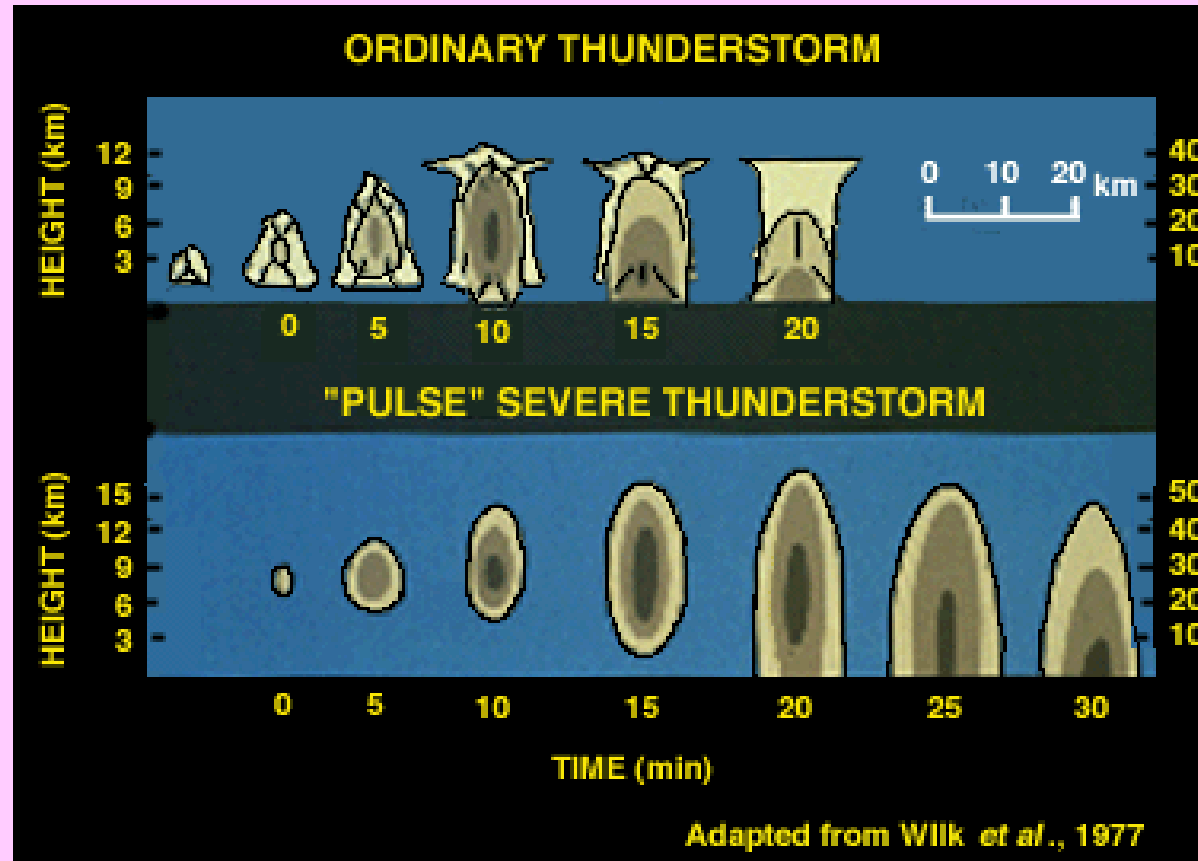
# CELULA ORDINARIA O SIMPLE

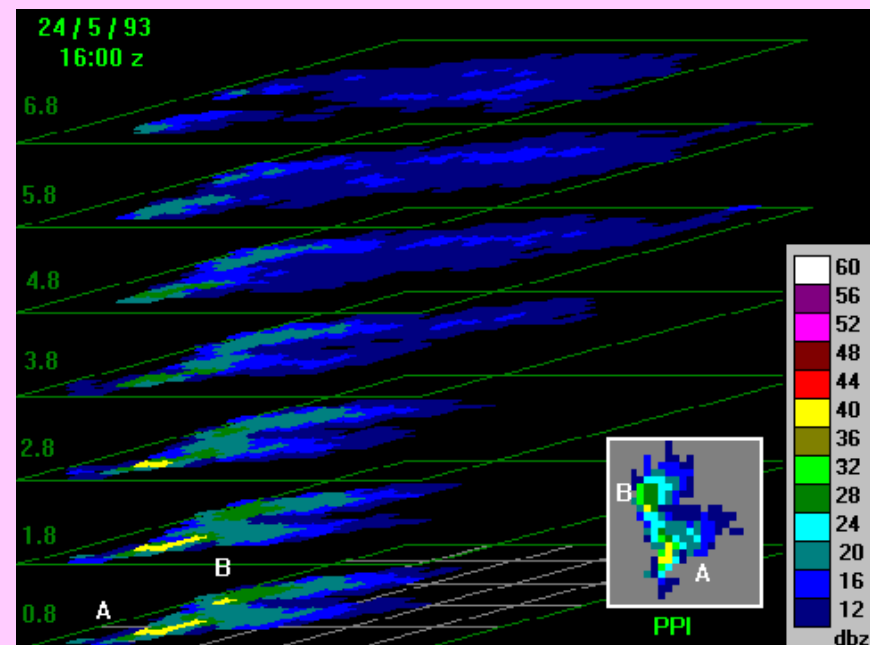
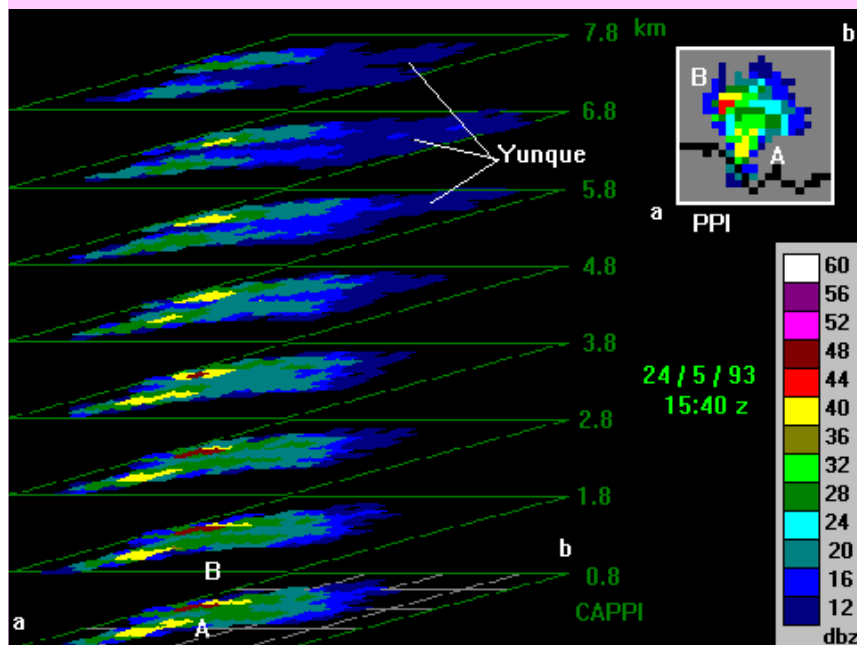
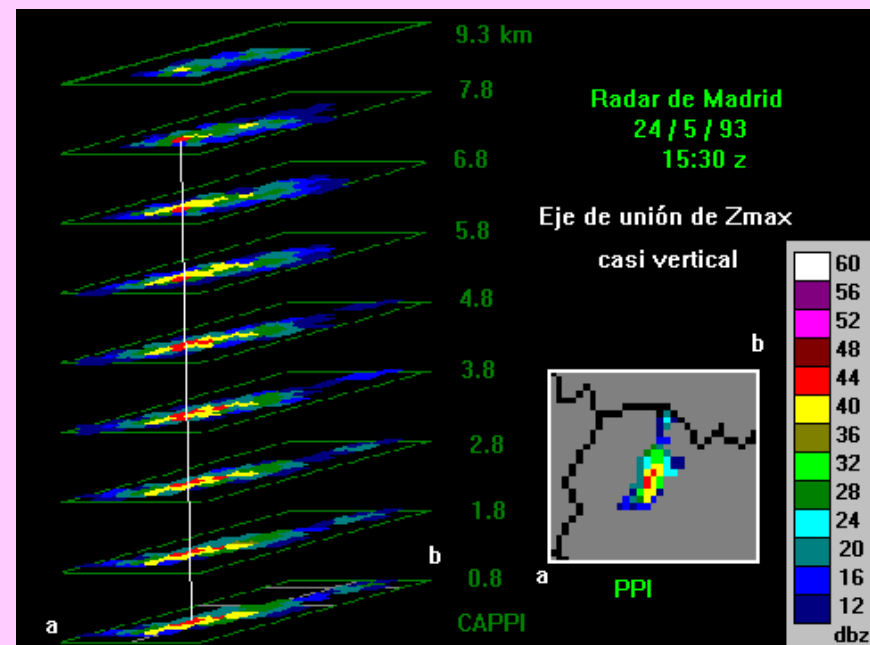
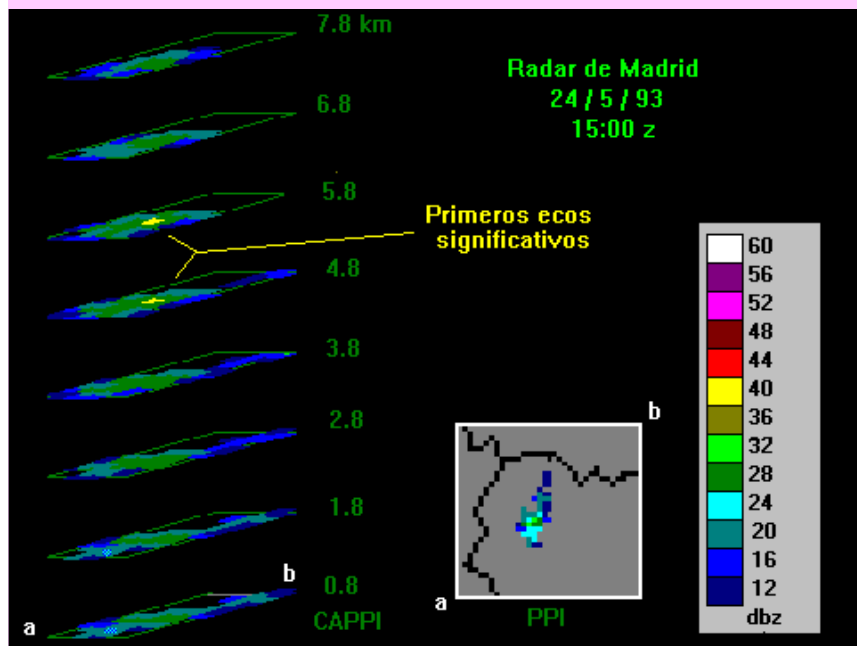
## MODELO RADAR:

- Ecos máximos orientados en la vertical.
- Cortes horizontales concéntricos.
- La altura del primer eco sirve de estimación de la intensidad de la corriente ascendente.
- Primeros ecos más altos: tormenta pulsante, mayor duración y mayor severidad que la ordinaria.



# CELULA ORDINARIA O SIMPLE

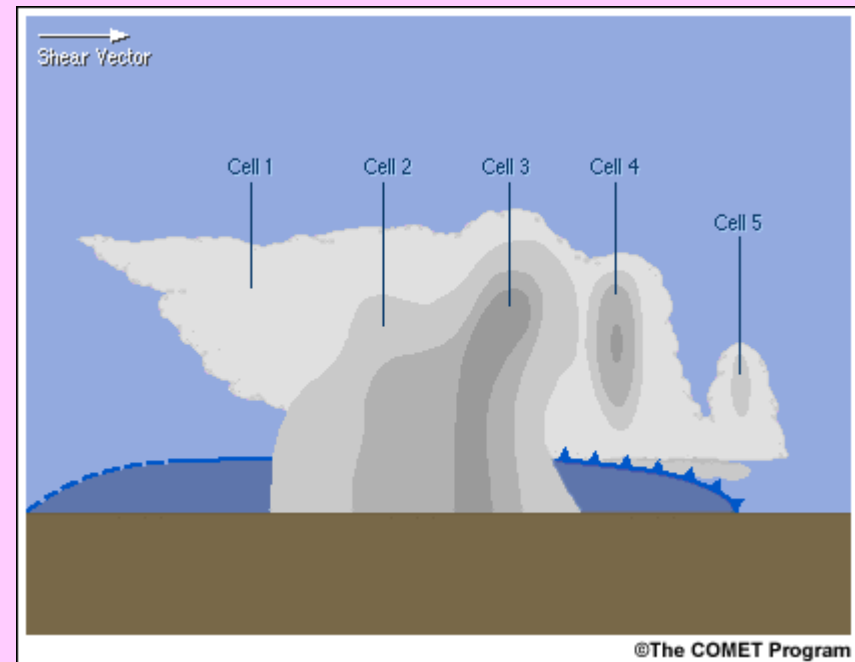
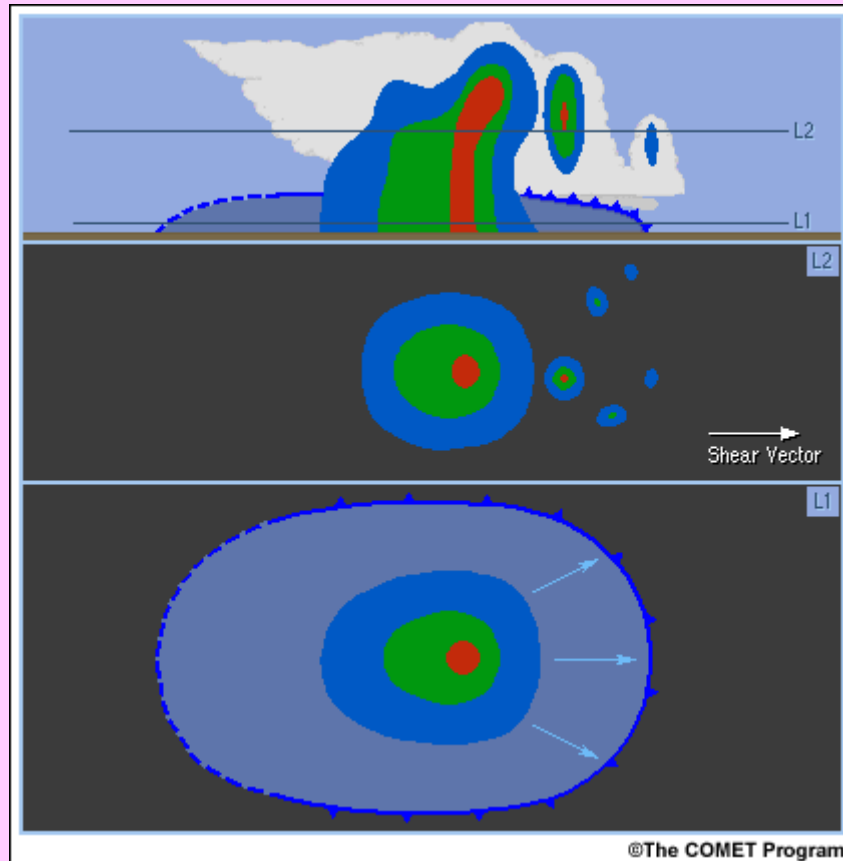




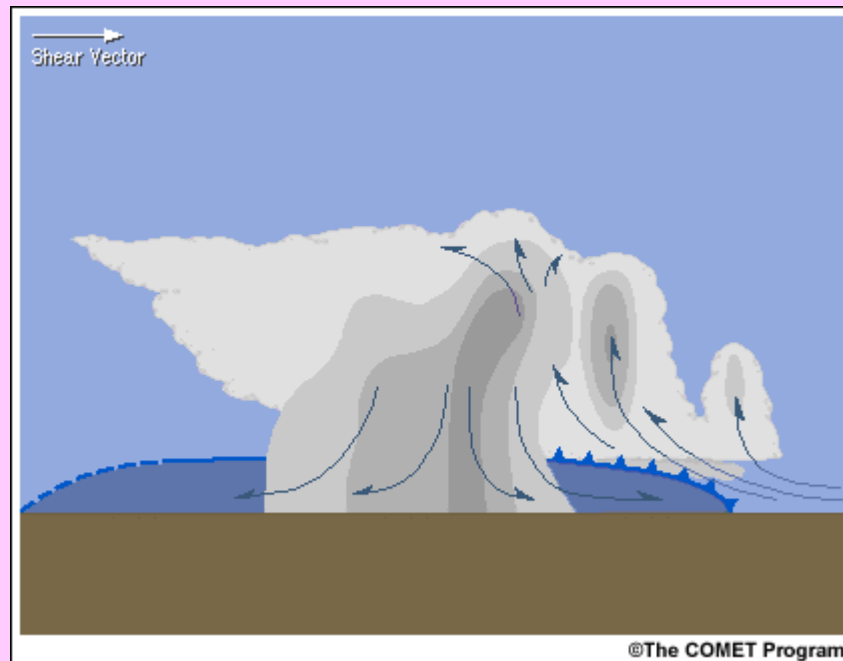
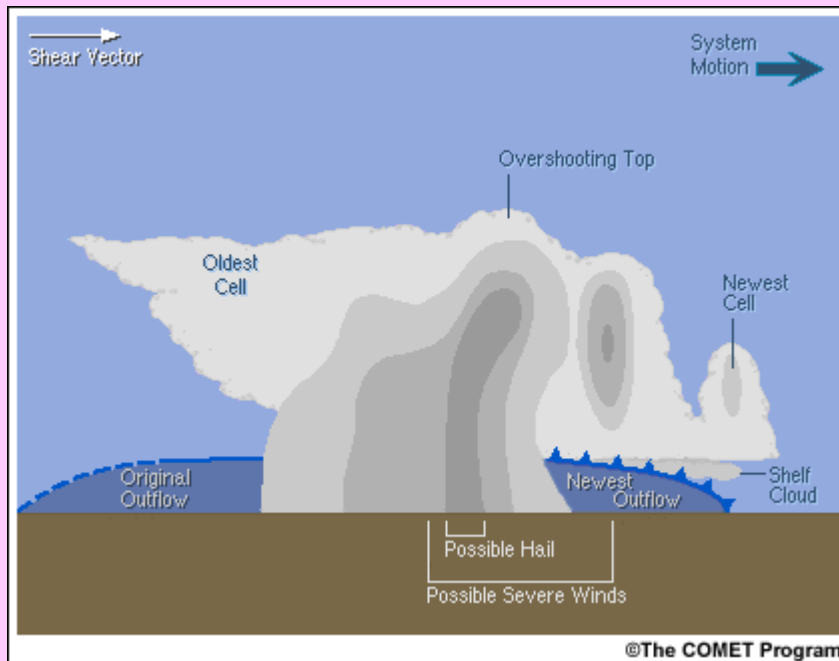
# TORMENTA MULTICELULAR

- Presentan un mayor grado de organización, ciclo de vida más complejo.
- Están formadas por un conjunto de células en distintas fases de desarrollo.
- Mayor duración temporal y espacial.
- Efectos en superficie más significativos.
- Las más comunes.
- Entornos inestables y con cizalladura vertical.

# TORMENTA MULTICELULAR



# TORMENTA MULTICELULAR

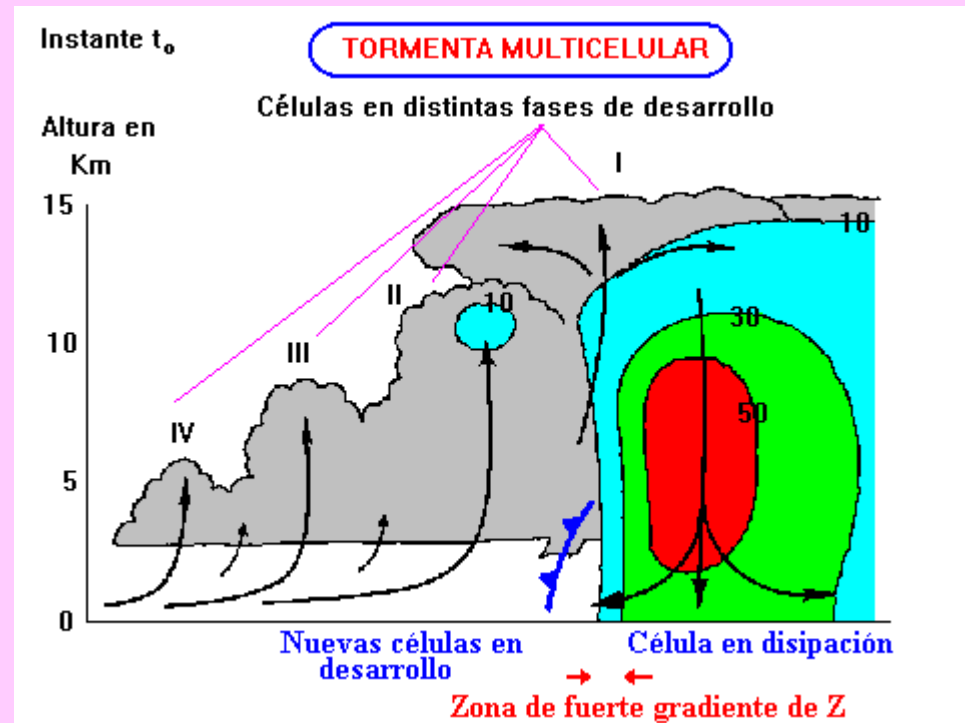


# TORMENTA MULTICELULAR

## CICLO DE VIDA 1:

Una célula en fase de disipación genera corrientes descendentes y un frente de racha que estimula la formación de una nueva célula.

Esta se detecta por ecos radar en niveles altos.



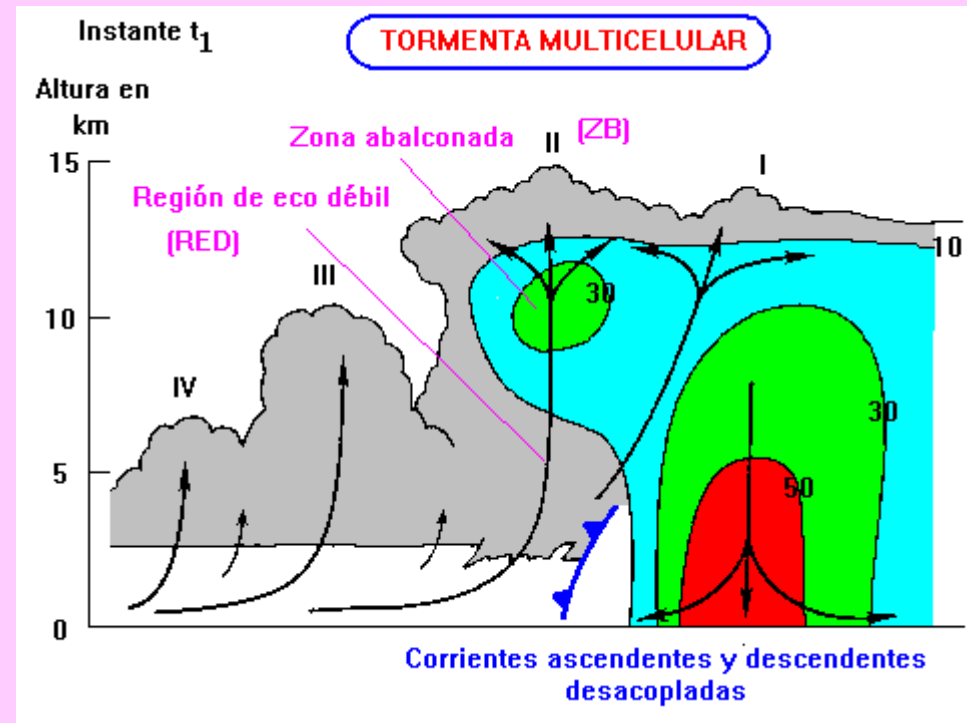
# TORMENTA MULTICELULAR

## CICLO DE VIDA 2:

El frente de racha favorece que se intensifiquen las corrientes ascendentes,

Aparece la ZB (Zona Abalconada), y

Debajo de ella la RED (Región de Eco Débil).





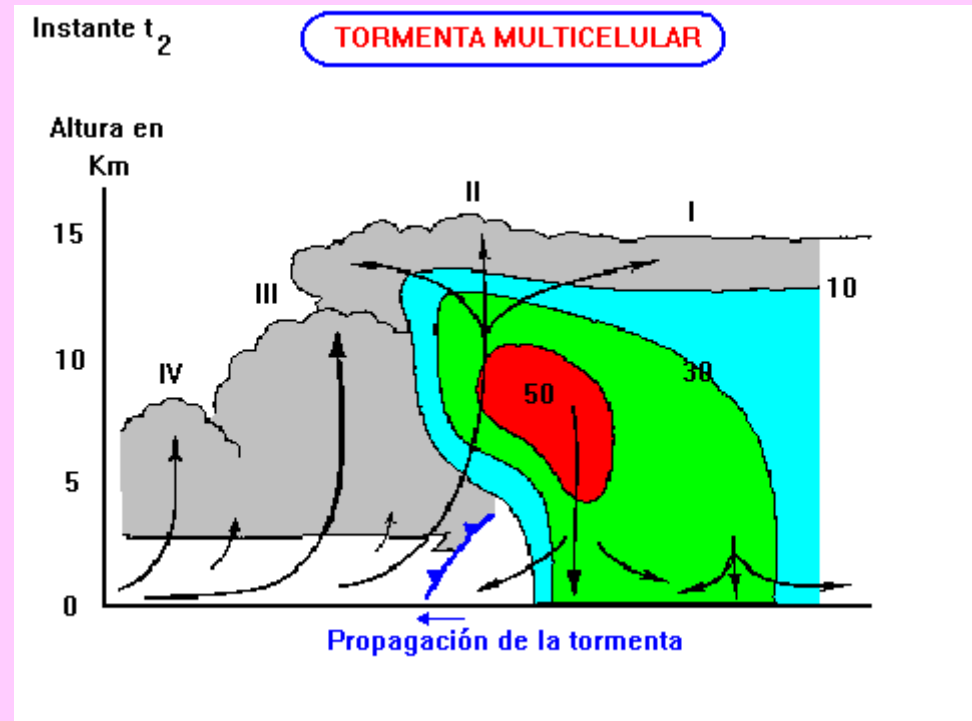
# TORMENTA MULTICELULAR

## CICLO DE VIDA 3:

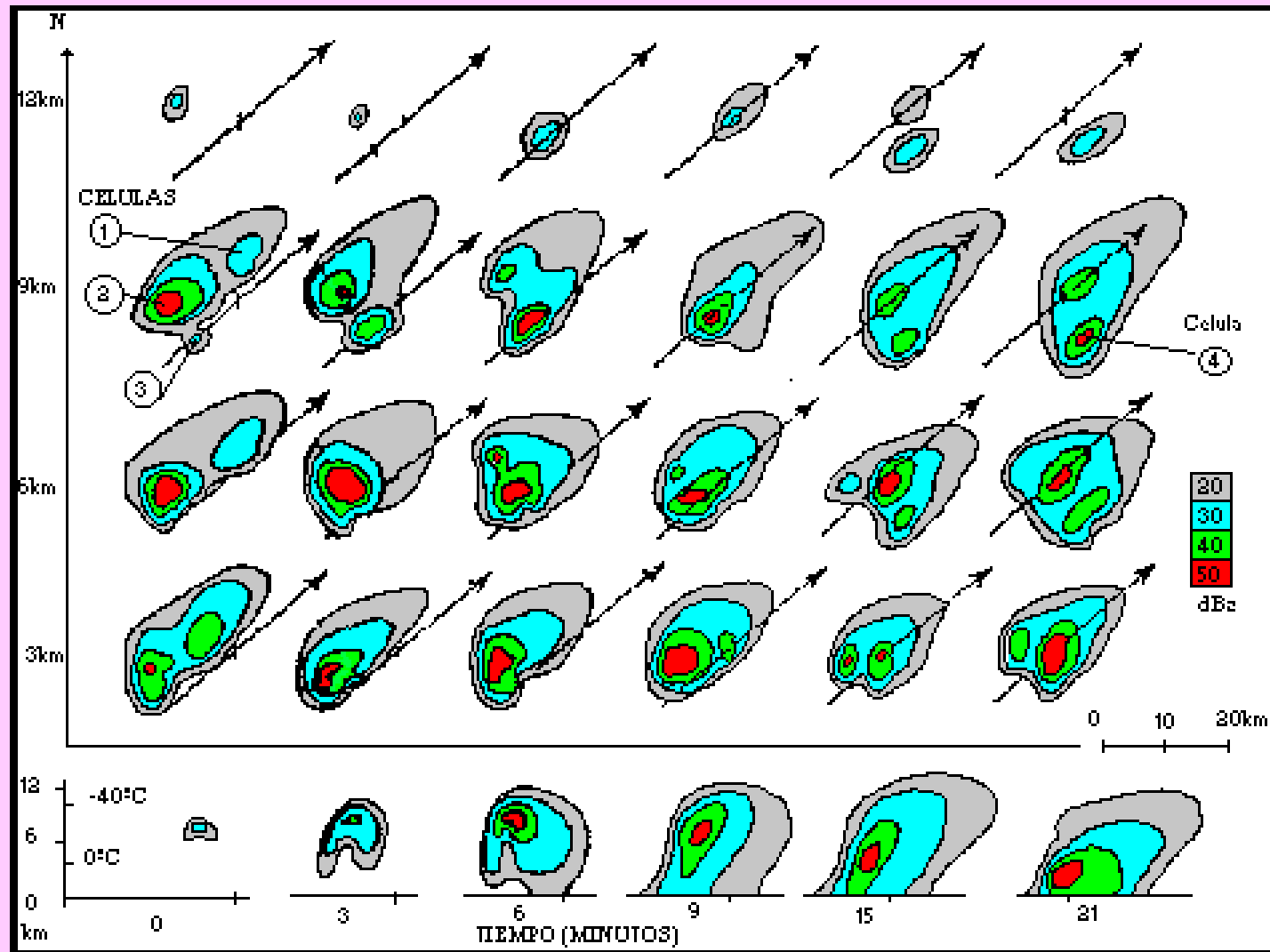
El frente de racha erosiona las corrientes ascendentes.

La ZB se desploma, desaparece la RED.

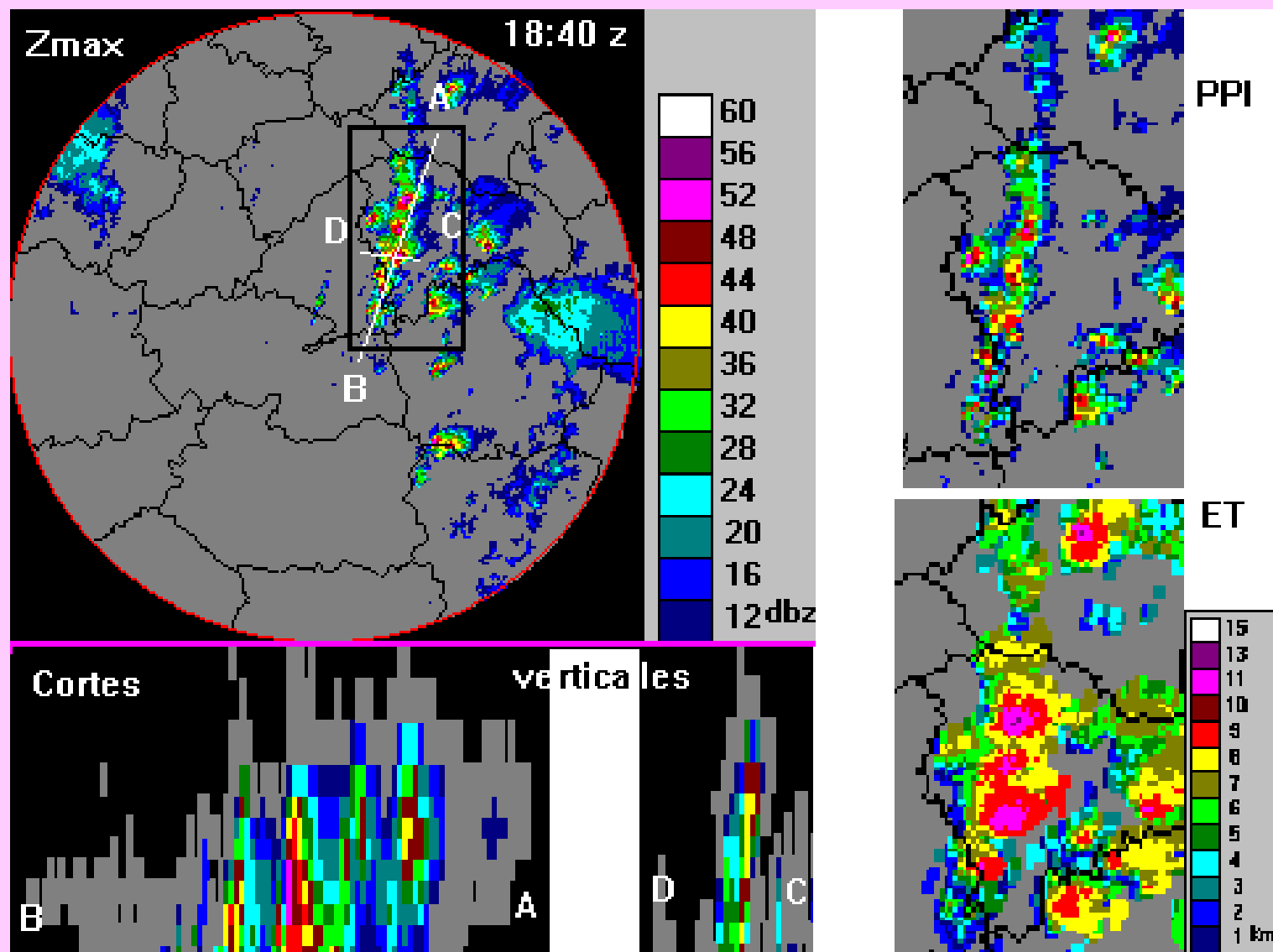
Esta célula (II) empieza a disiparse, pero el proceso se repite hacia la izquierda, reforzándose nuevas corrientes ascendentes.



# TORMENTA MULTICELULAR



# Ejemplo de tormenta multicelular



# SUPERCÉLULAS

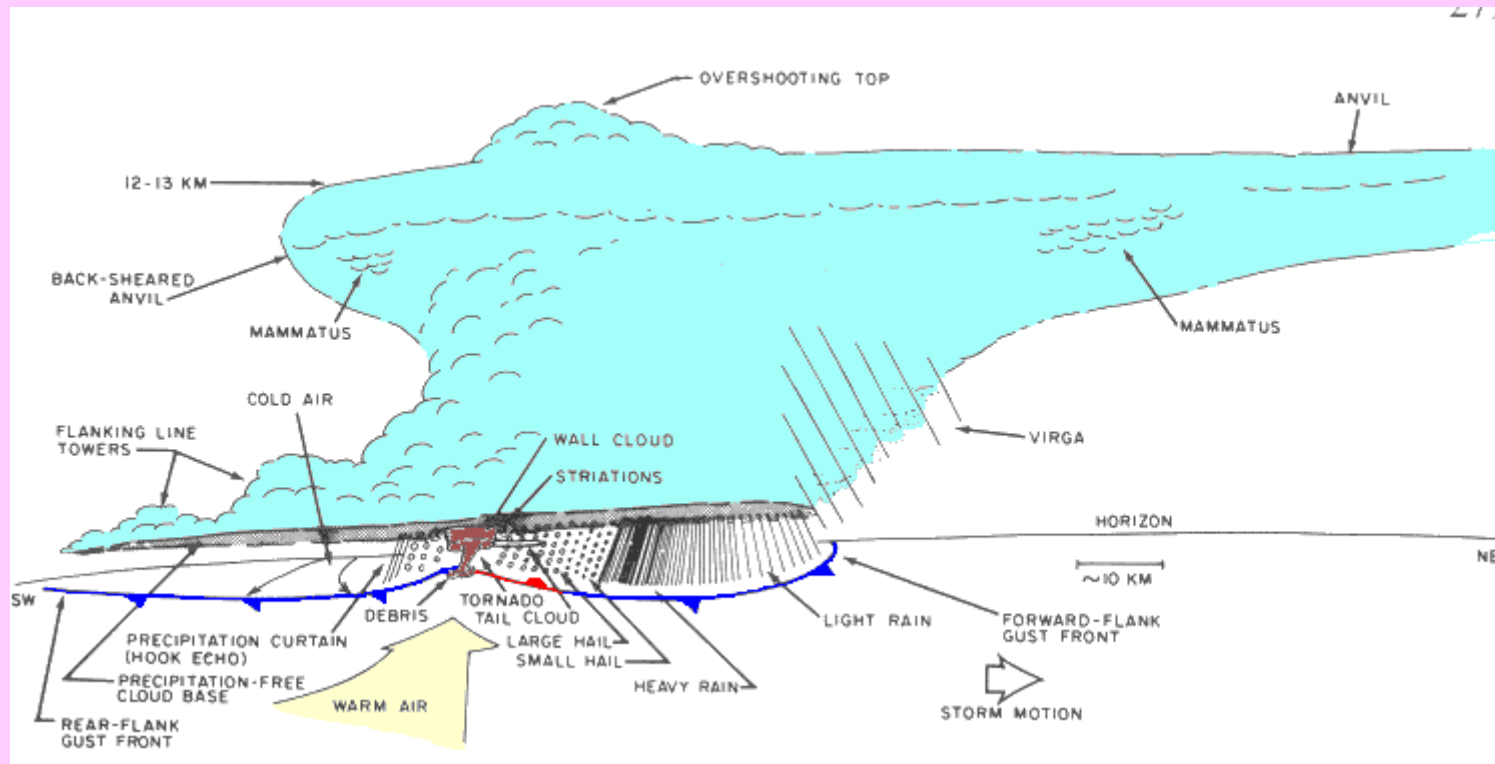
Estructuras convectivas muy organizadas que llevan embebida un mesovórtice (ciclónico o anticiclónico) persistente: corrientes verticales en rotación.

- Tornado: si una sub-rotación muy intensa del mesovórtice "toca" el suelo.
- Entornos inestables y con cizalladura vertical, preferentemente en capas bajas.

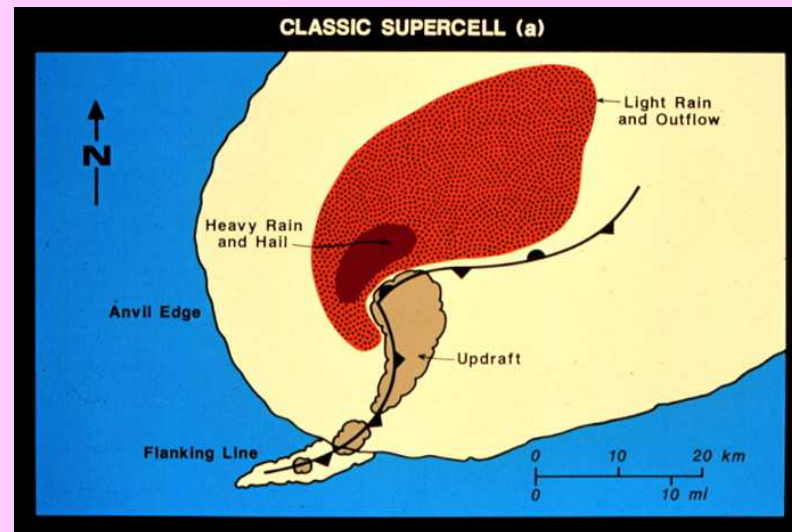
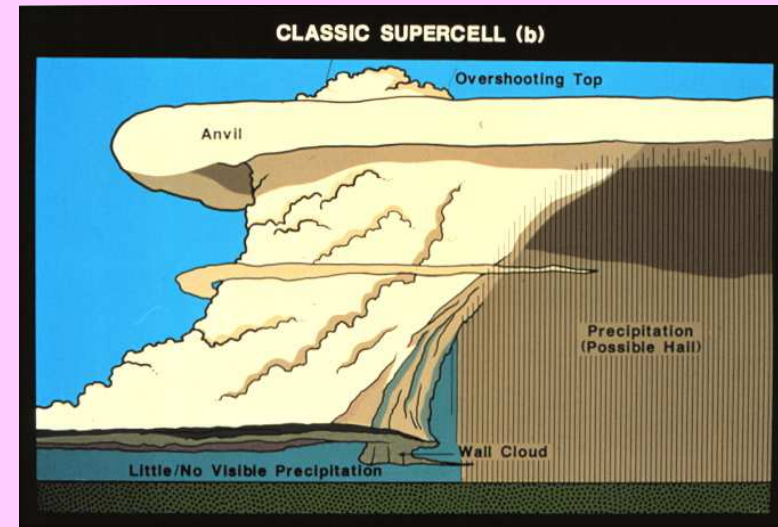
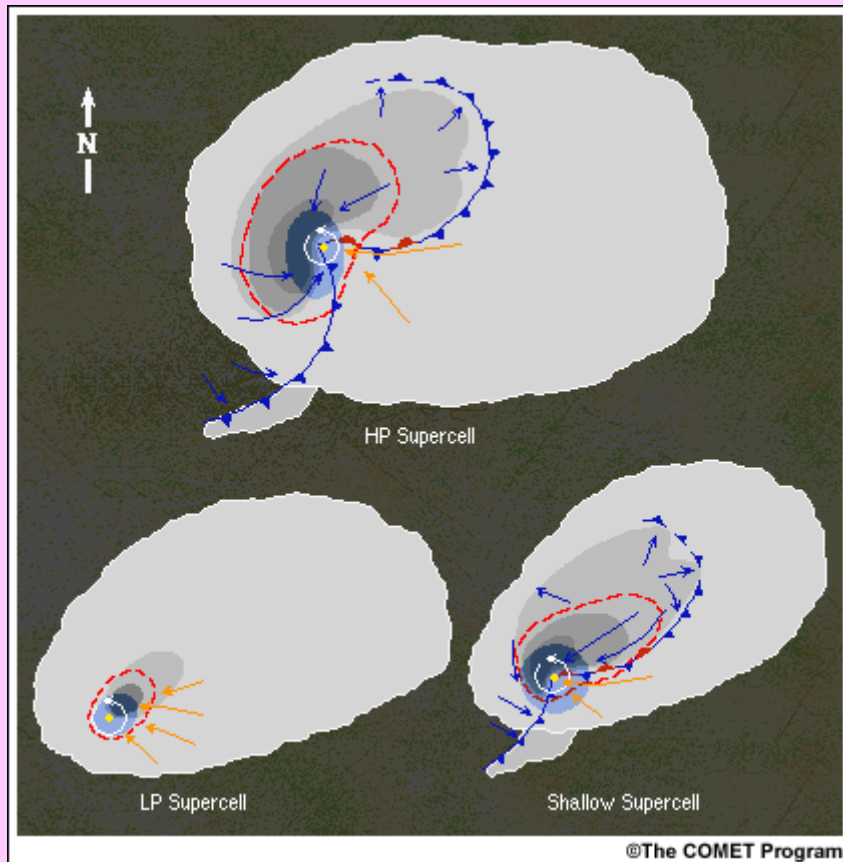
# SUPERCÉLULAS

SUPERCÉLULAS: Efectos en superficie.

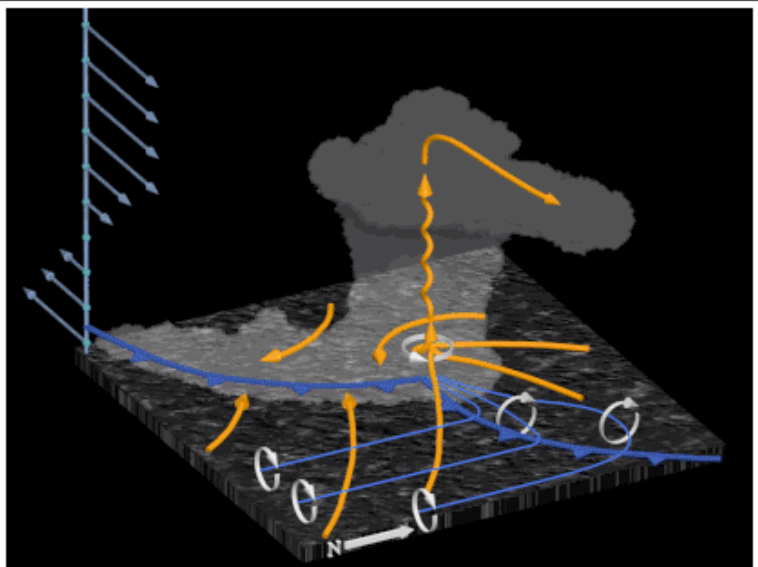
Supercélula clásica, de baja precipitación y de alta precipitación



# SUPERCÉLULAS

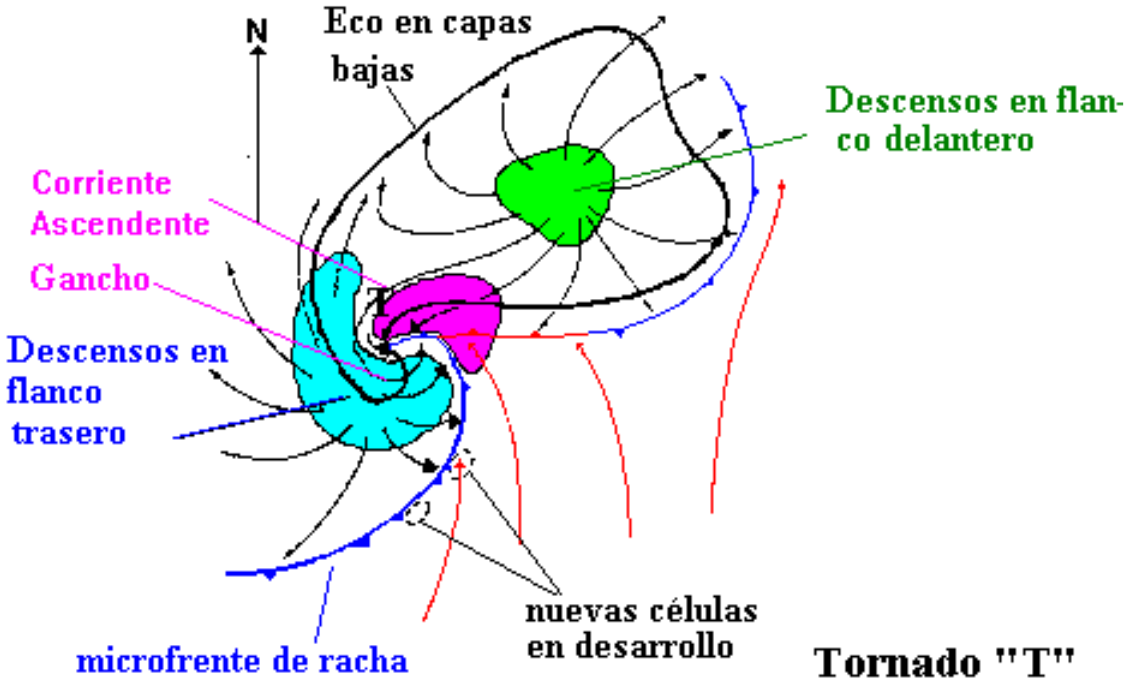


# SUPERCÉLULAS

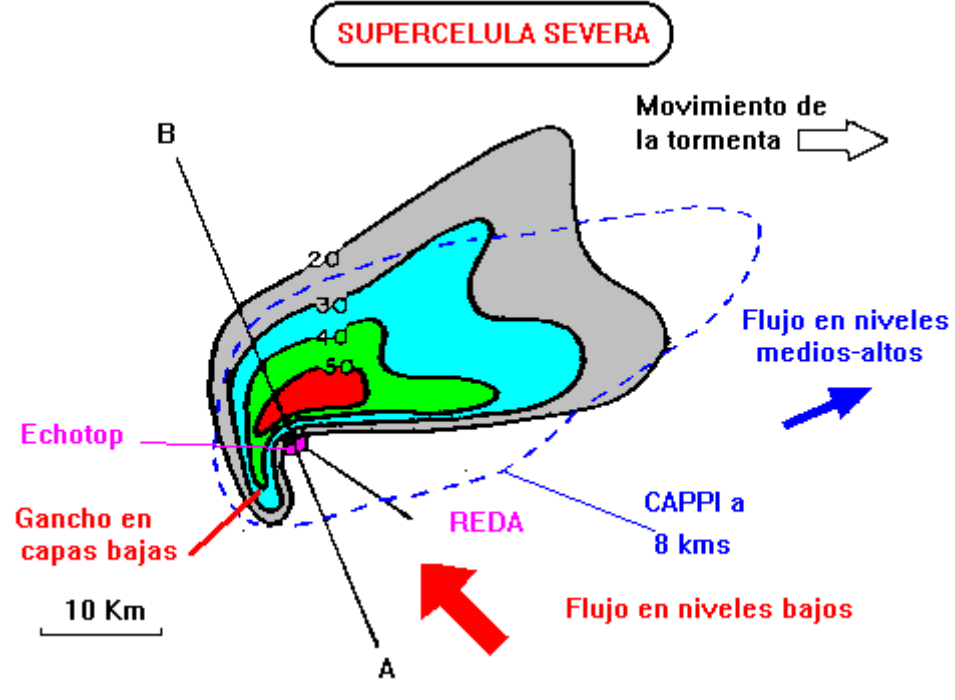
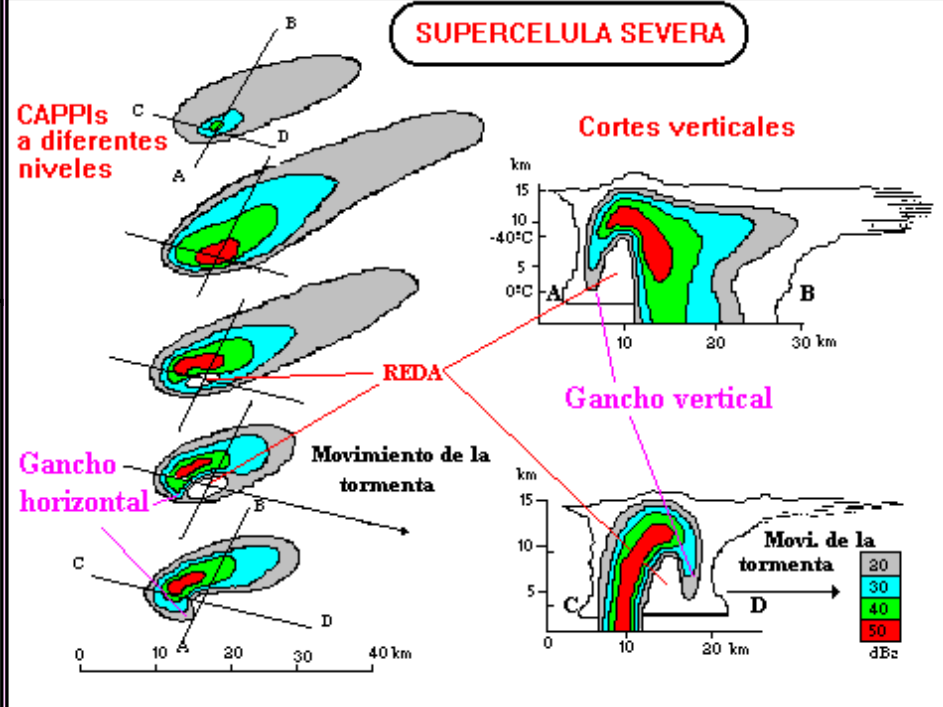
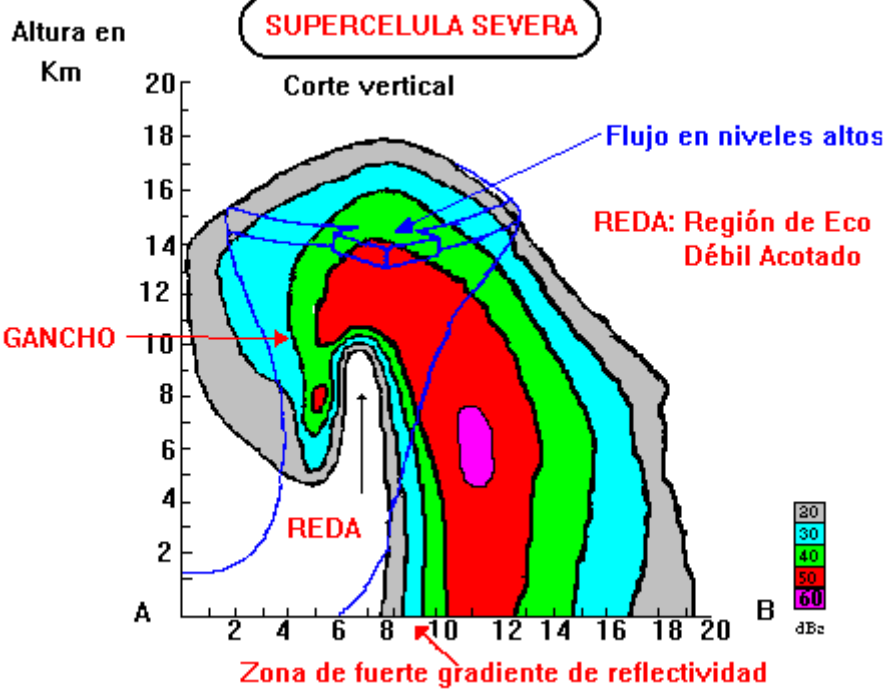


Klemp, 1987

## SUPERCÉLULA SEVERA con Tornado



# SUPERCÉLULAS

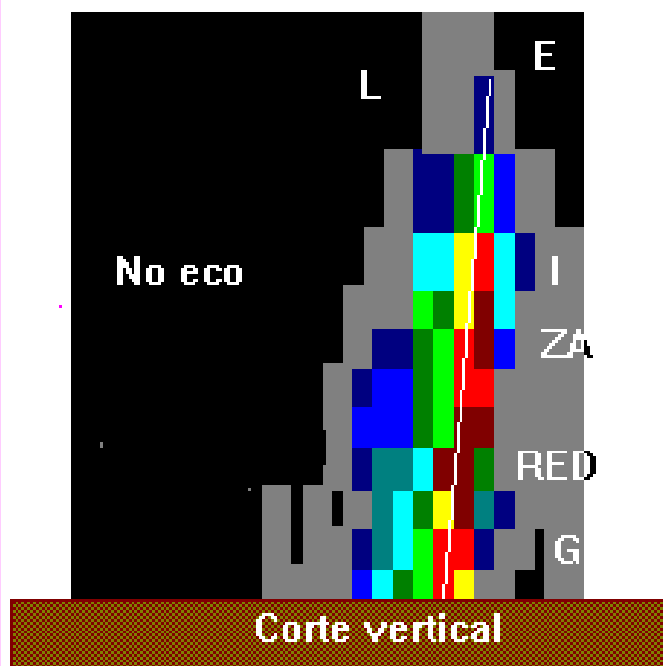




## MODELO CONCEPTUAL DE TORMENTA SEVERA DE TIPO MULTICÉLULA /SUPERCÉLULA

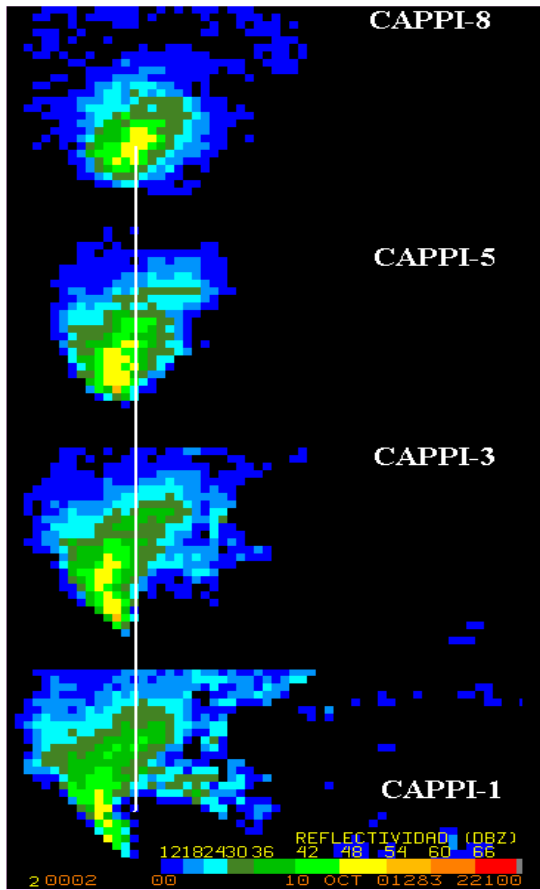
### a) Ambiente general:

- Moderada o fuerte inestabilidad.
- Capa seca en niveles medios.
- Cizalladura vertical del viento.

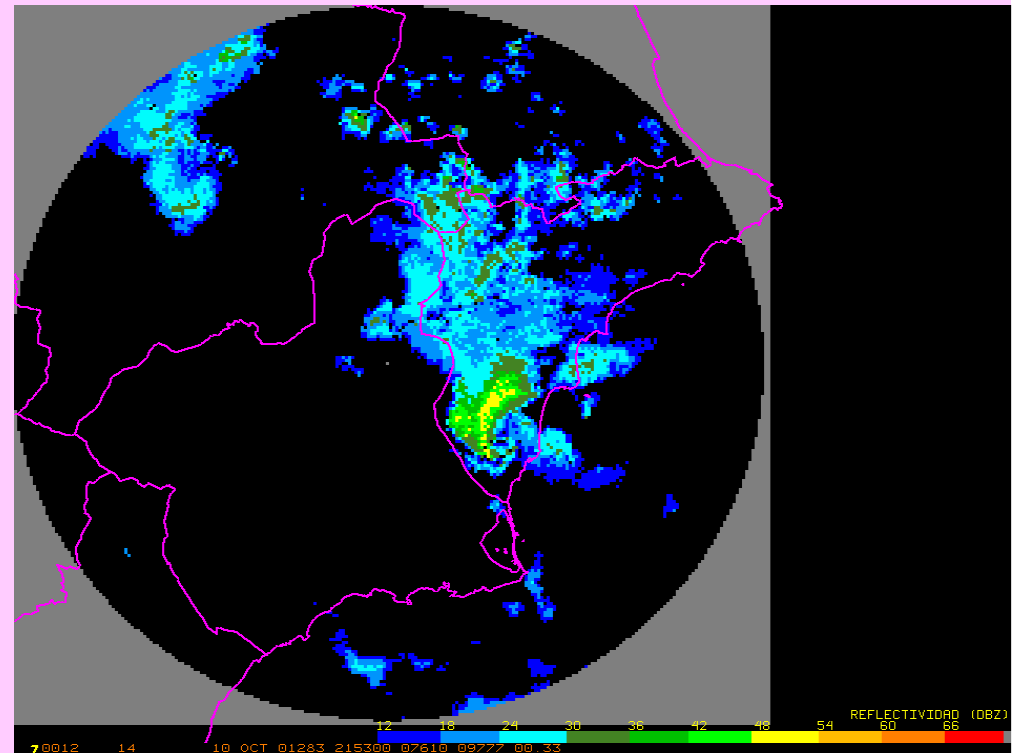
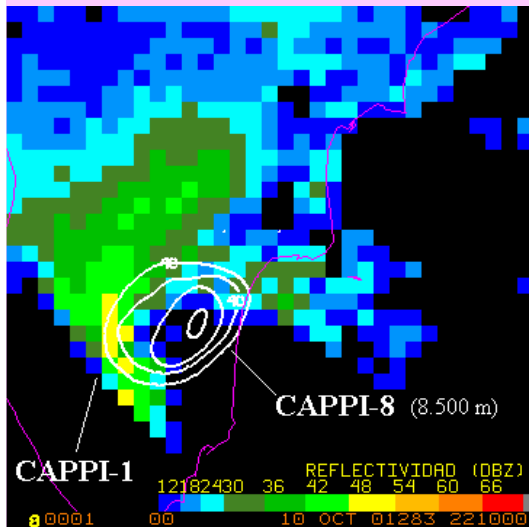
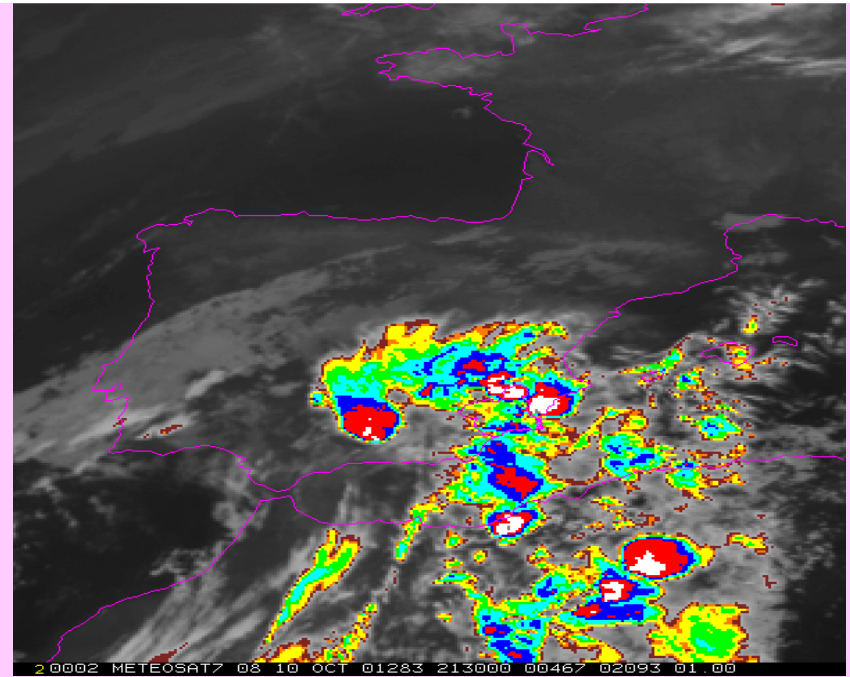


### b) Características radar:

- Echotops elevados (E) .
- Valores de Z altos e intensos (I).
- Línea de unión de máximos en los diferentes niveles, inclinada (L).
- Zona abalconada (ZB), sobre región de eco débil (RED).
- Fuerte gradiente de Z en capas bajas (G).



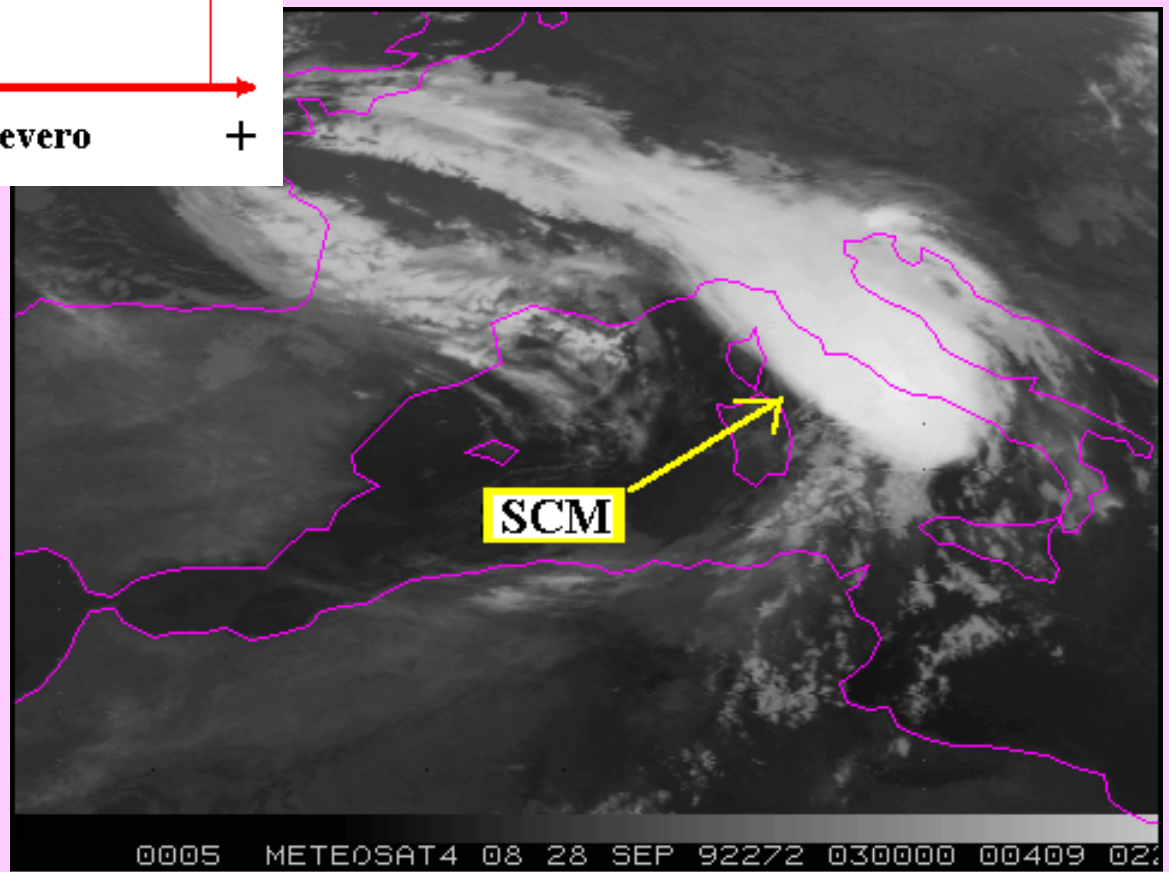
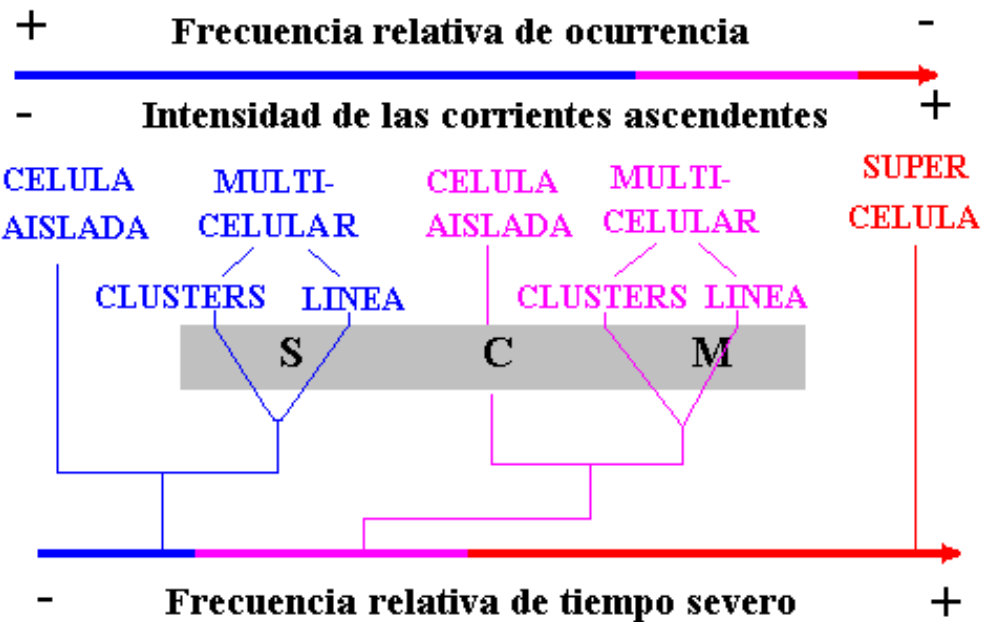
## Ejemplo de Supercélula



## SISTEMAS CONVECTIVOS DE MESOESCALA (SCM)

- Agrupamiento ordenado y organizado de núcleos convectivos que generan un estructura con un ciclo de vida, espacio-temporal, que va más allá de una simple tormenta
- Su definición exacta depende del sensor utilizado:
  - Satélite (canal IR)
  - Radar (nivel regional y mosaico nacional)

# ESPECTRO DE FENOMENOS CONVECTIVOS



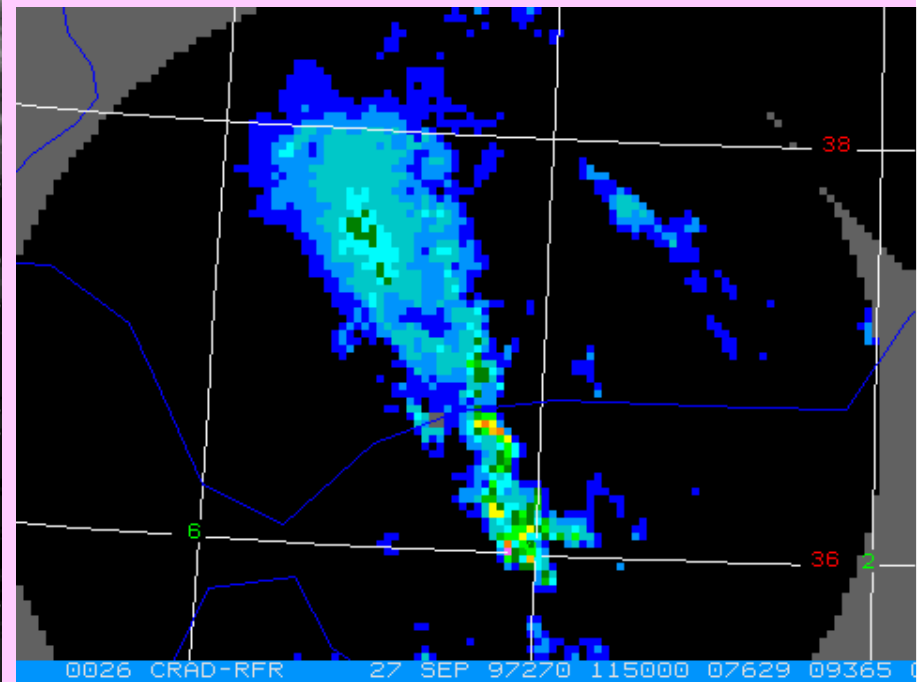
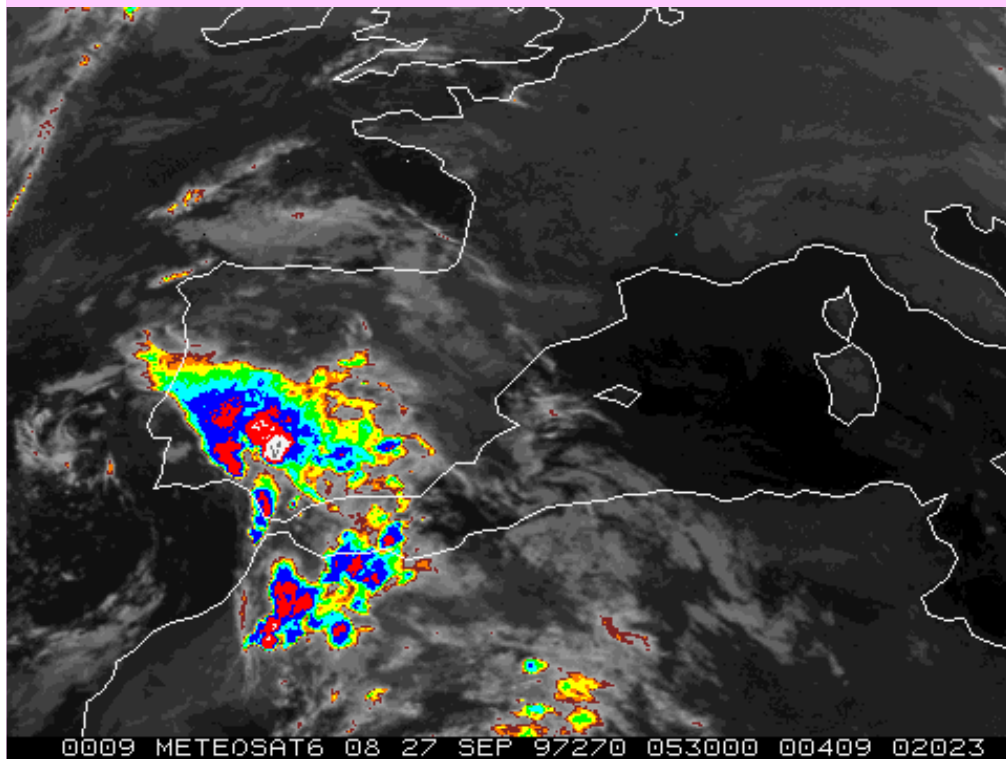
# SISTEMAS CONVECTIVOS DE MESOESCALA (SCM)

## DINÁMICA DIFERENTE A NÚCLEOS AISLADOS:

- Zona convectiva y amplia región estratiforme.
- Dimensiones de ambas zonas muy superior a la de una simple tormenta.
- Circulaciones mesoescalares específicas.
- Frente de racha común, más amplio y organizado.

## SCM VISTO DESDE SATÉLITE:

“Un SCM es una estructura nubosa formada por un conjunto de focos convectivos que aparentemente contribuyen todos a conformar un área de precipitación común del orden de 100 km o más, al menos en una dirección (Houze, 1993)”.



## **Clasificación de los SCM en función del sensor utilizado**

---

**Objetivo:** Clasificación de los SCM en función de la estructura observable mediante datos de teledetección.

**Problemática:** Amplio espectro de "formas" de SCM y fuerte dependencia del sensor empleado.

### **Clasificación según:**

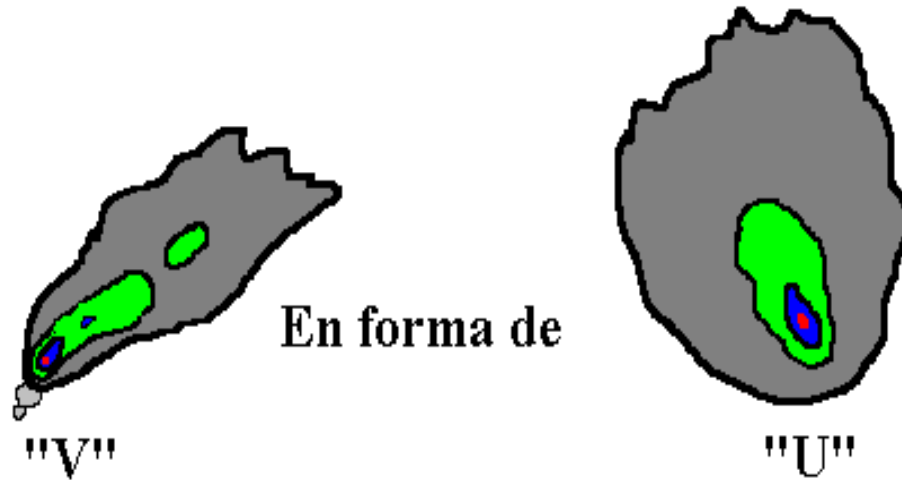
#### **-Radar:**

- \* Organización aparente de las células convectivas.
- \* Orientación de la zona estratiforme.

#### **-Satélite:**

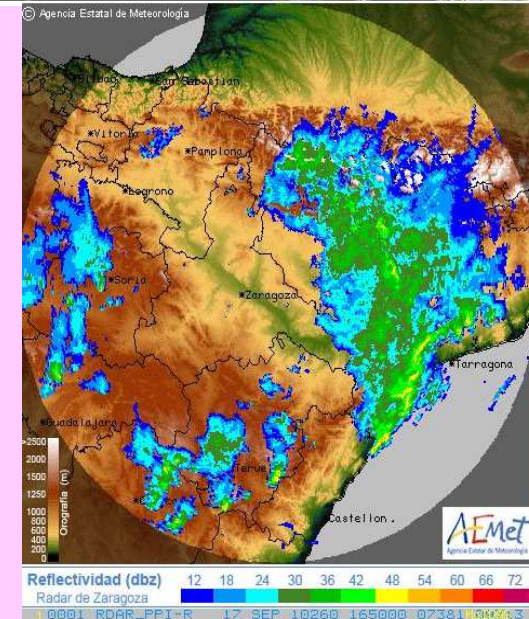
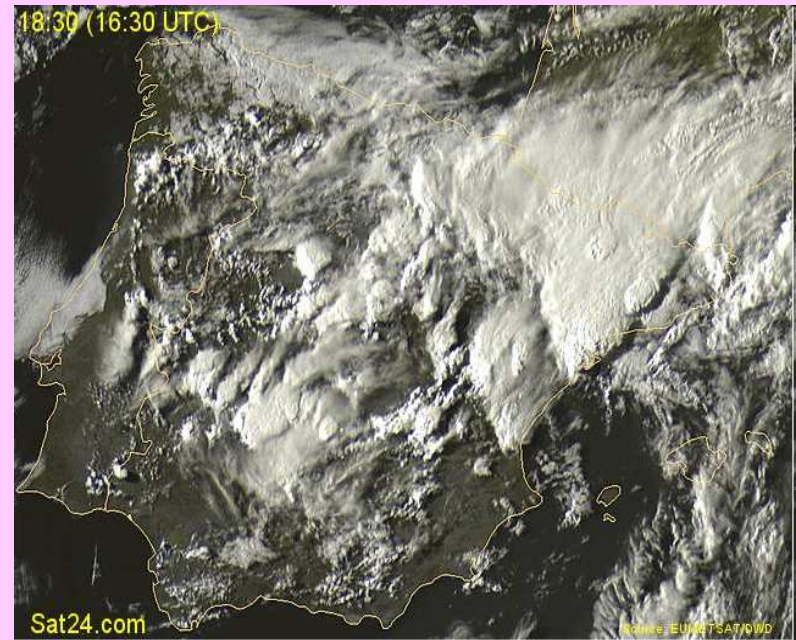
- \* Forma aparente según imagen IR: en "V", "U", etc.

# CLASIFICACION DE LOS SCM en función de su apariencia en IR



- Fuertes vientos en altura
- Fuerte gradiente en las Tb
- Presencia de un vertice asociado a la Tmin muy definido corriente arriba

- Vientos más débiles en altura
- Debil gradiente eb la Tb
- Vertice asociado a la Tmin situado corriente abajo.

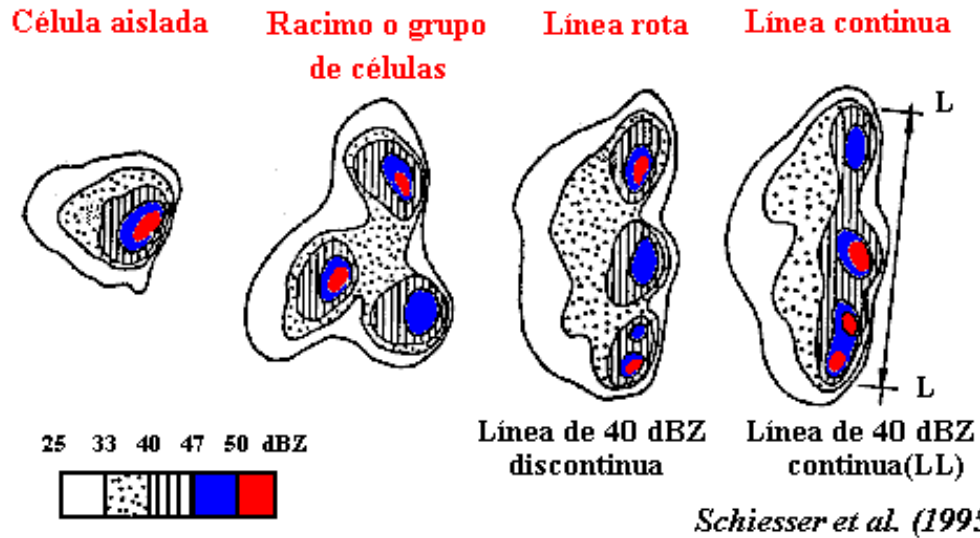






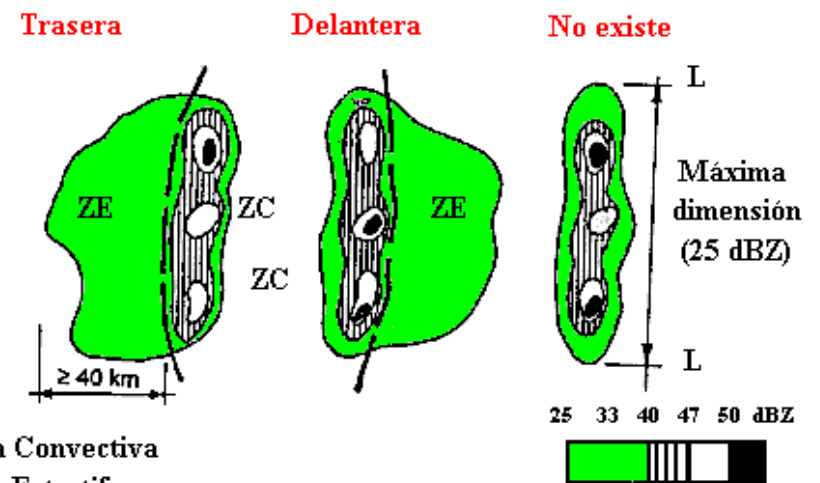
## CLASIFICACIÓN DE LOS SCM

En función de las células convectivas que lo forman  
(vistas por radar)



## CLASIFICACIÓN DE LOS SCM

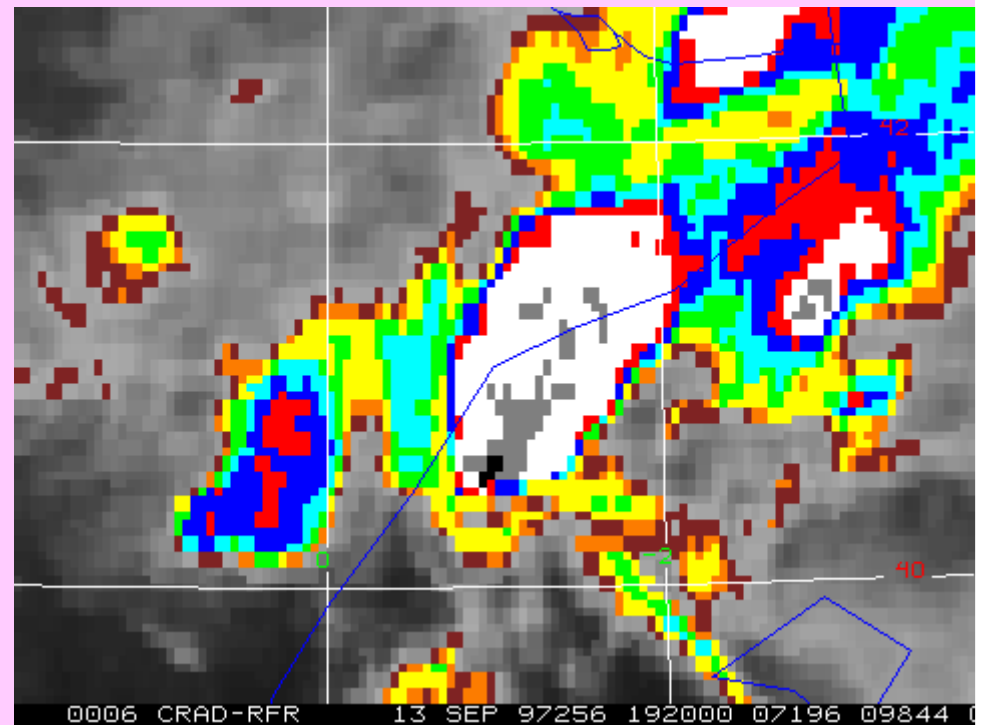
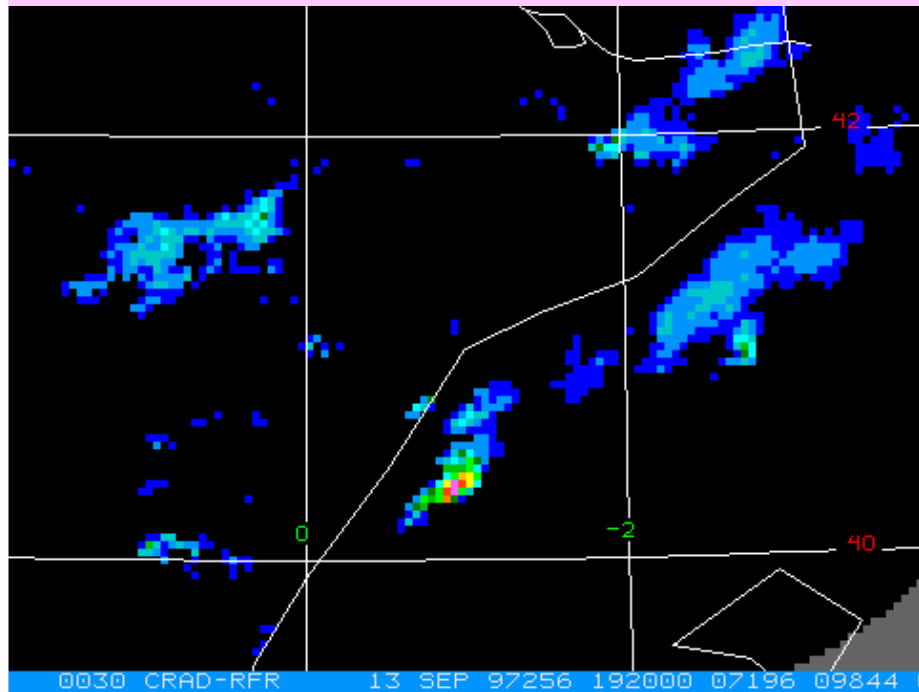
En función de la ocurrencia del área estratiforme en su estado de madurez



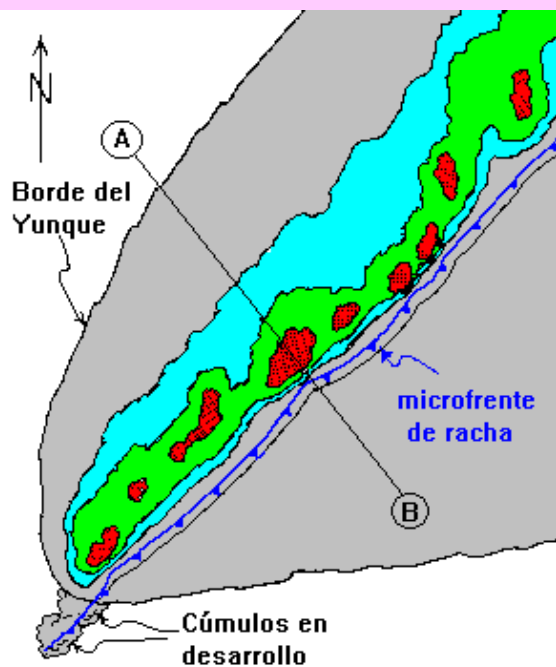
ZC Zona Convectiva  
ZE Zona Estratiforme  
Area estratiforme(25 - 40 dBZ)

*Schiesser et al. (1995)*

# EJEMPLOS SCM



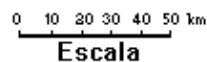
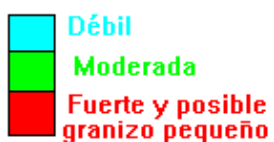
# SCM: LÍNEAS DE TURBONADA



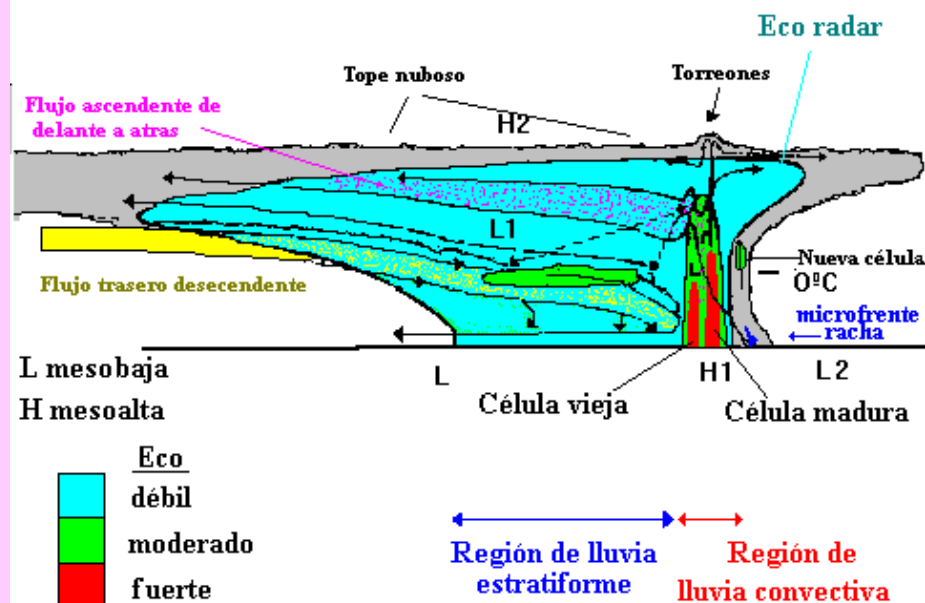
## LÍNEA DE TURBONADA

- Complejo multicelular.
- Estructura en línea.
- Ecos fuertes en cada célula.
- Microfrente de racha común.

Precipitación:

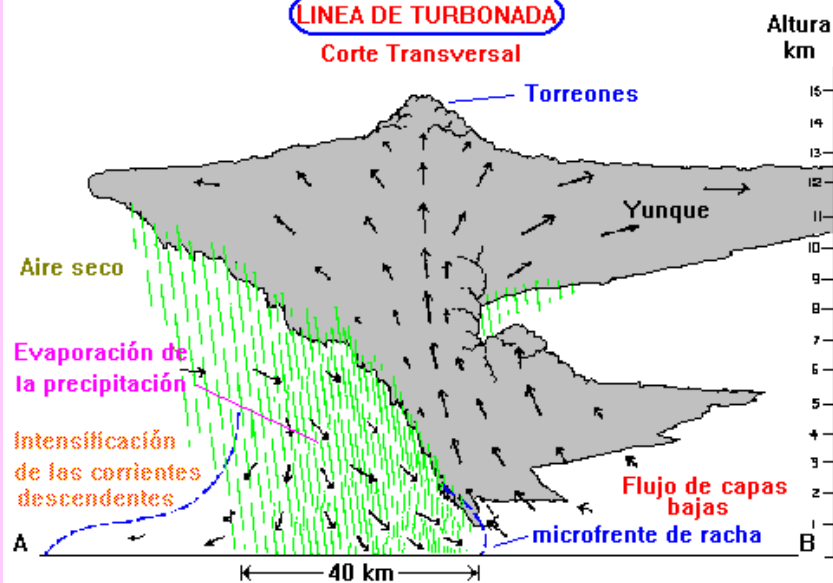


## LÍNEA DE TURBONADA: Corte transversal

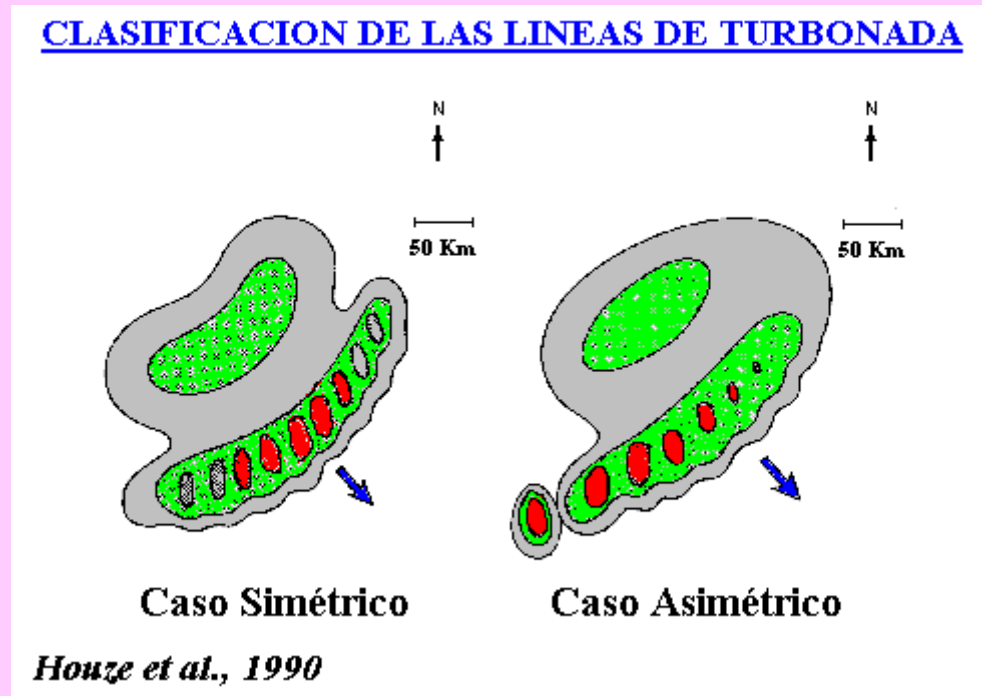


## LÍNEA DE TURBONADA

Corte Transversal



# LÍNEAS DE TURBONADA EN RADAR

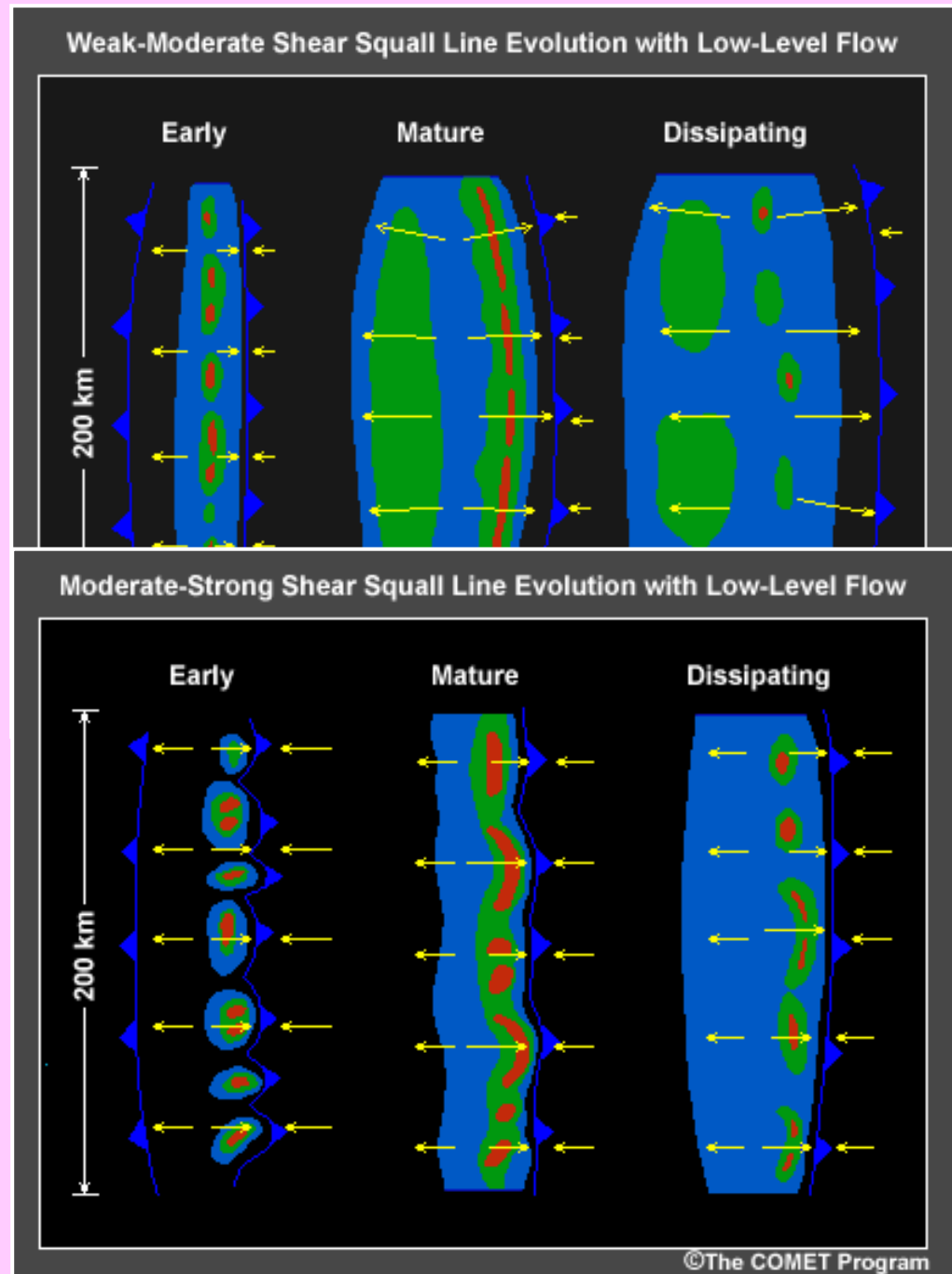


LINEAS DE TURBONADA (LT) de tipo SIMÉTRICO.

LINEAS DE TURBONADA (LT) de tipo ASIMÉTRICO.

## TURBONADA:

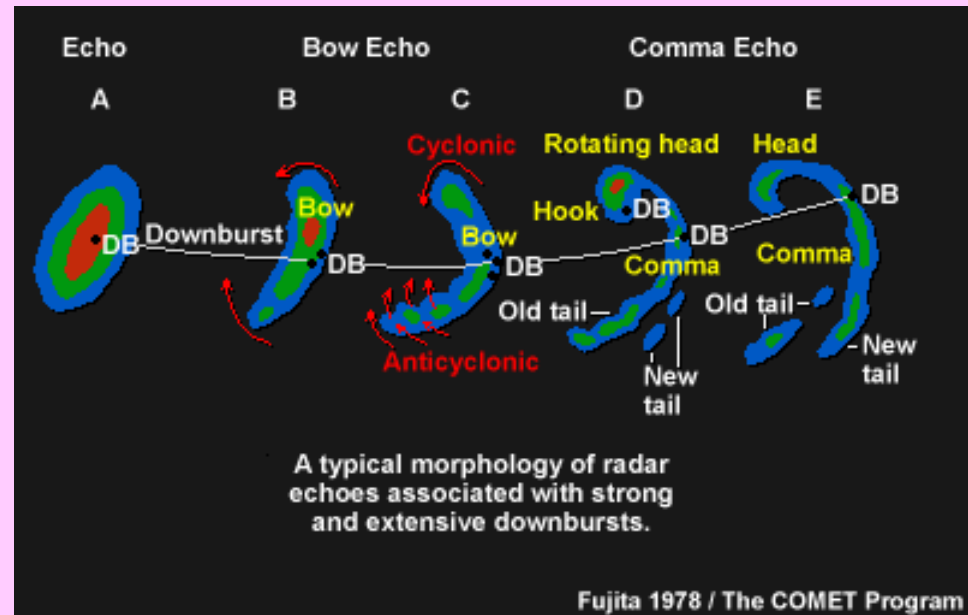
El tipo y la organización de un línea de turbonada depende de su estado de evolución y de la cizalladura del entorno, a través de la interacción entre el embolsamiento frío y la cizalladura de niveles bajos.

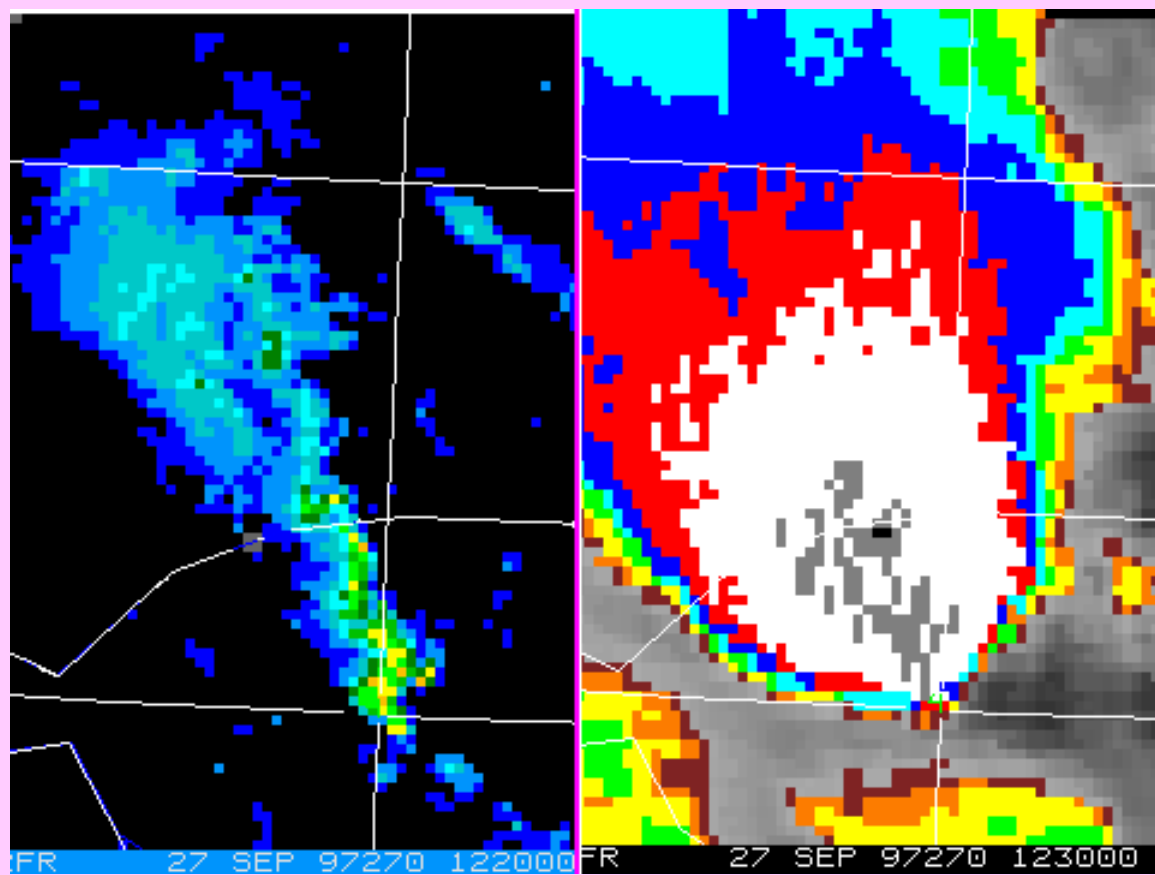


## SCM: BOW ECHOES

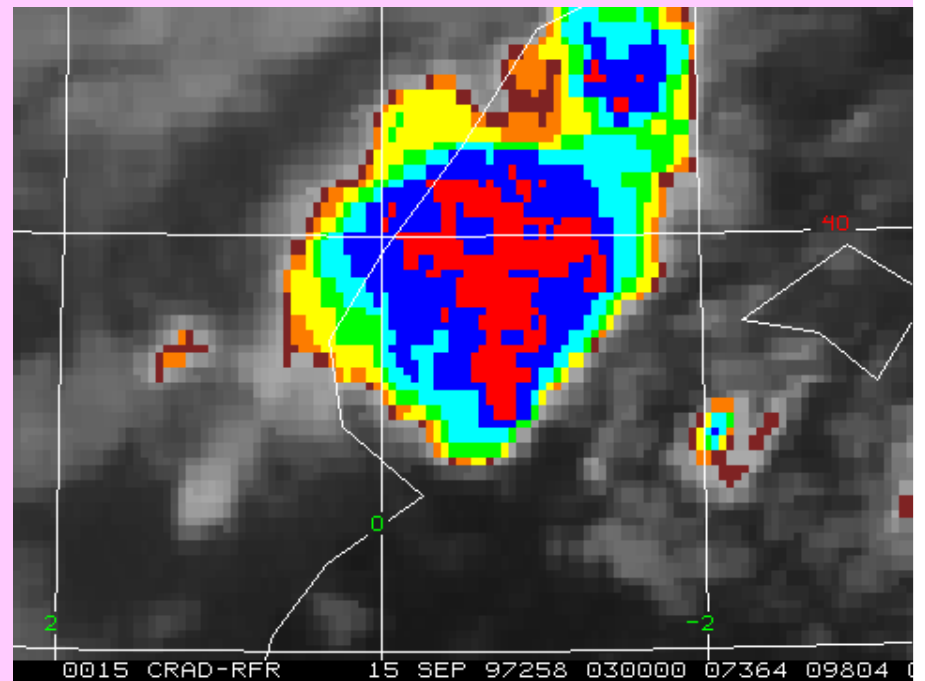
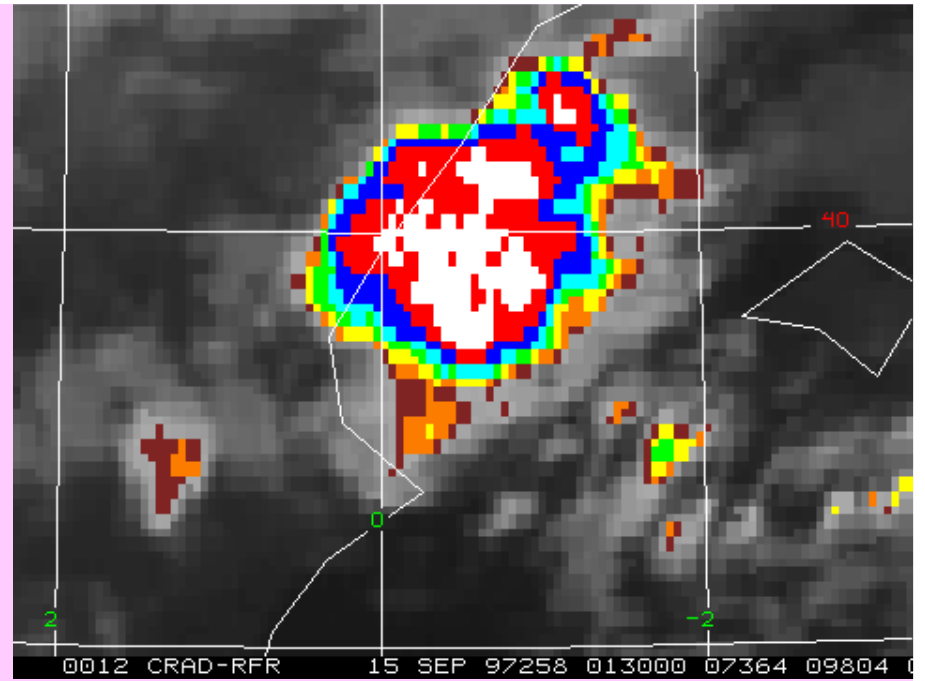
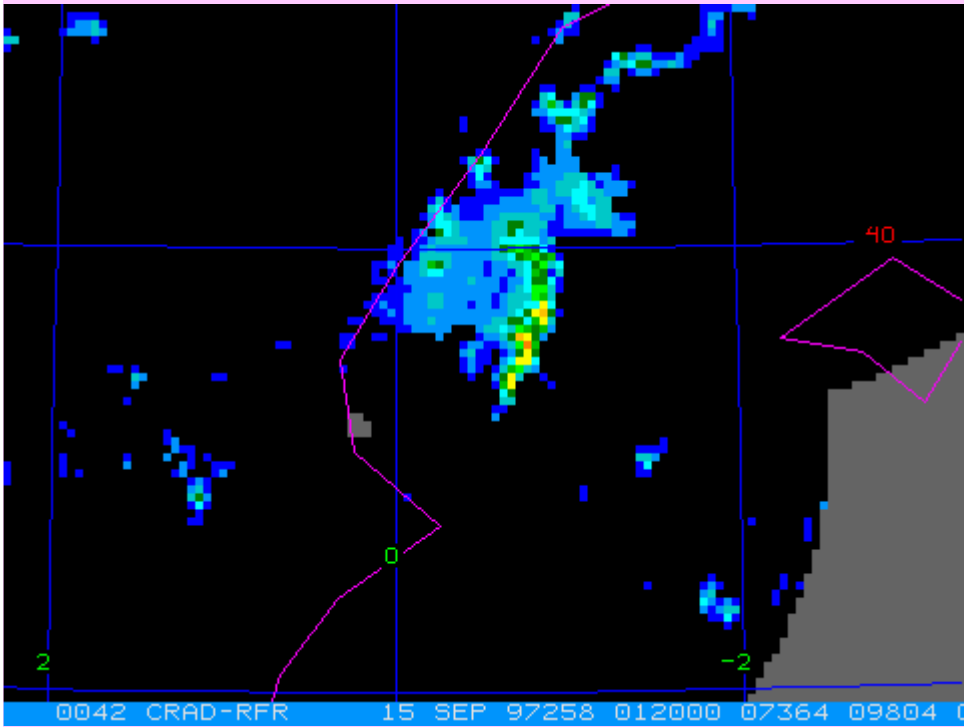
Son SCM especialmente intensos.

Evolucionan desde una célula aislada o pequeña línea de células a una forma simétrica en arco, y en ocasiones a forma de coma. Esta evolución dura varias horas y la cizalladura vertical del viento tiene un papel muy importante en todo el proceso.









**ANEXO TROPICAL**  
**(Fuente: Claudio Sánchez Pedroso)**

## Significado del lugar físico-geográfico y destino de explotación del radar meteorológico.

Teniendo estricto conocimiento sobre la región físico-geográfica, quedará claro qué características radáricas ha de tener disponibles para garantizar la posibilidad de brindar de manera satisfactoria la información que se recibe de distancias relativamente grandes.

## Sugerencia esencial del tipo de radar meteorológico para los trópicos.

Los radares meteorológicos para su mejor utilización en zonas físico-geográficas ubicadas en regiones tropicales resulta esencial que deben poseer en primera instancia entre sus características radáricas:

longitud de onda  $\lambda = 10 \text{ cm}$

## Procesos físicos que dan lugar a la Atenuación en las microondas:

- Absorción, y
- Dispersión en presencia de gases atmosféricos, nubes y precipitación.
  - Los gases sólo absorben
  - Las nubes y las precipitaciones, absorben y dispersan

## Factores principales en el efecto de la Atenuación de las OEM.

Atenuación = La disminución en intensidad que experimentan las OEM en su tránsito a través de la atmósfera.

Es bien conocido que en las regiones tropicales las partículas de hidrometeoros, poseen gran capacidad de absorción de la energía contenida en los paquetes de OEM provenientes de los radares meteorológicos

La  $\lambda = 10$  cm es la que muestra menores órdenes de pérdidas de absorción por hidrometeoros.

## Definición de O. Tropical

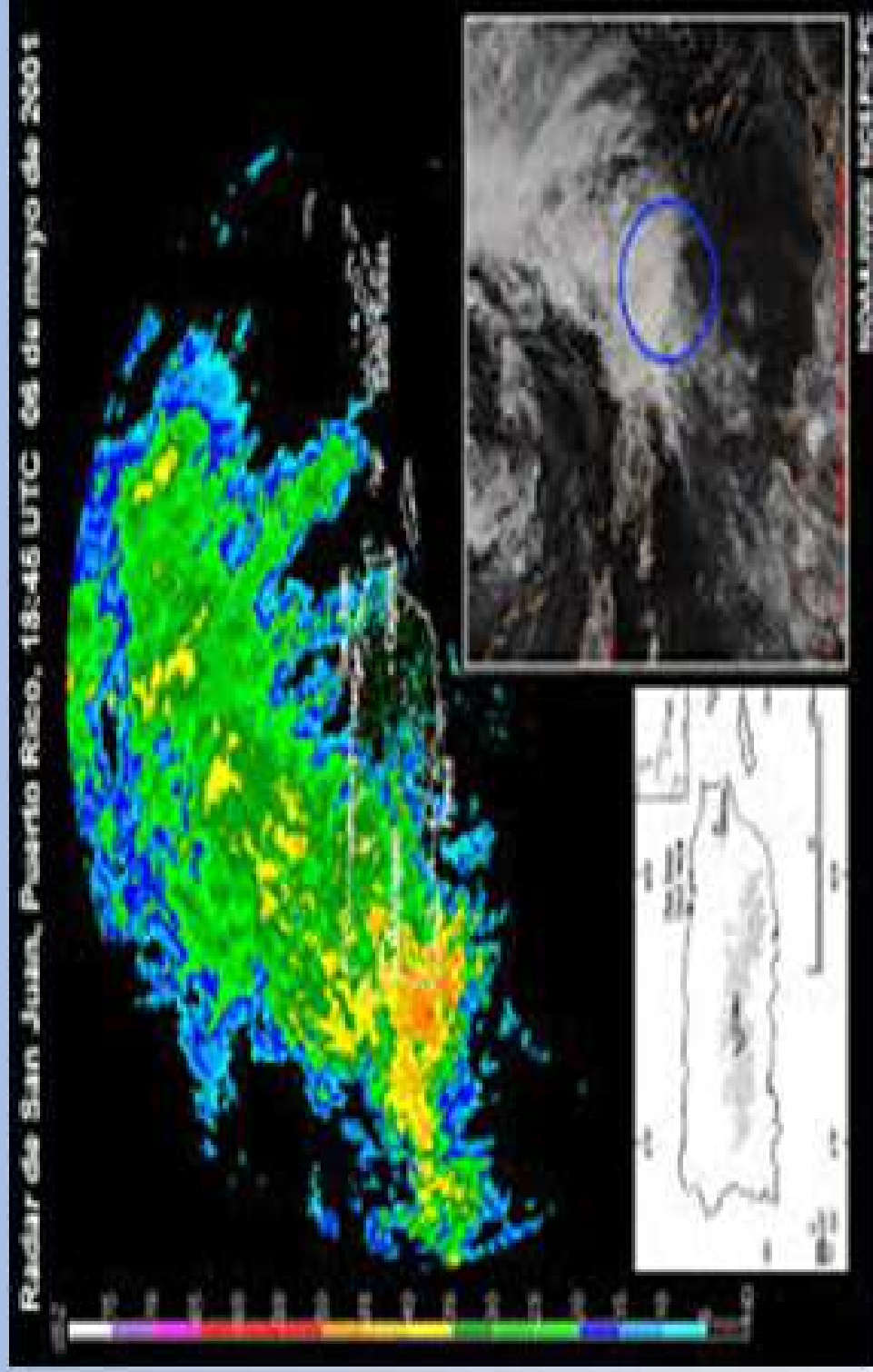
Perturbaciones generadas en el campo de vientos de la troposfera baja que tienen 5 km de extensión horizontal y 3 km en la vertical siendo fuente propicia en la formación de ciclones tropicales en la cuenca del Atlántico norte y se propagan al W.



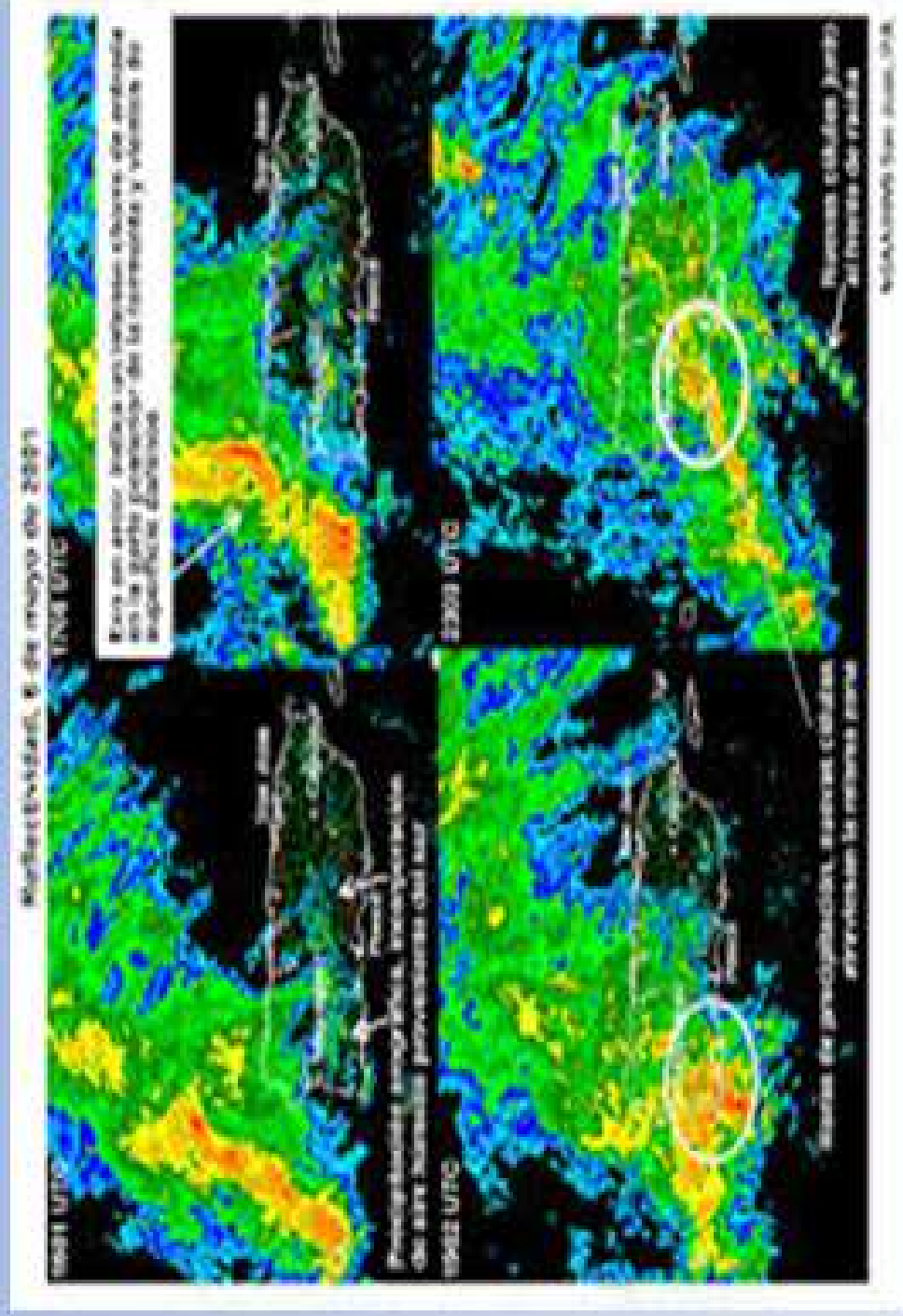
## Lugar de formación de las O. Trop.

Ha sido documentado que la zona físico - geográfica con mayor incidencia de las mencionadas perturbaciones para la formación de las O. Tropicales es la porción NW de África, desde donde parten con convección asociada. (Riehl 1945).

# Patrón de radio-ecos – O. Tropical



# Patrón de radio-ecos – O. Trop

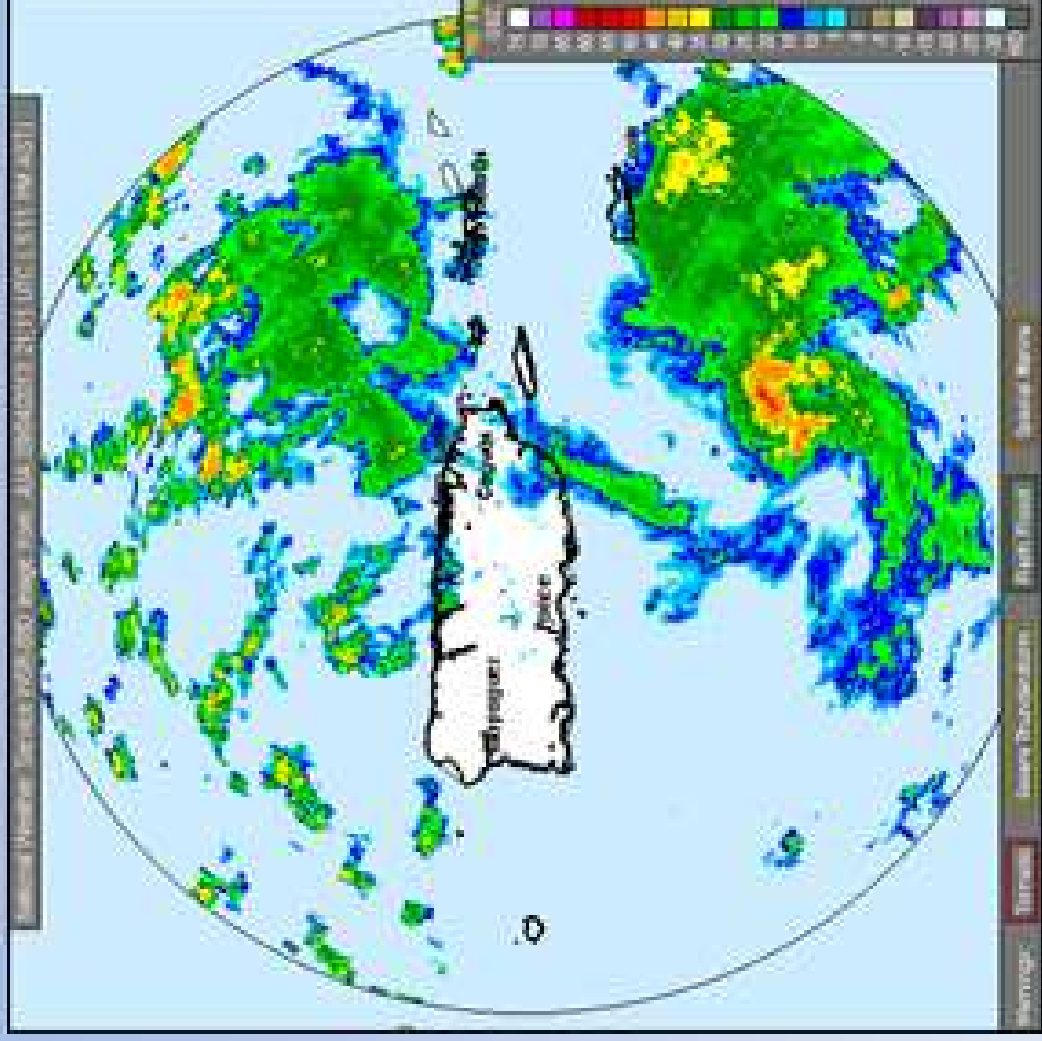


## Definición de Depresión Tropical

Un ciclón tropical que tenga como valor de intensidad de sus vientos máximos en superficie, medidos en el lapso de 1 minuto, de 55 hasta 62 km/h.

Estos sistemas suelen mostrar clara circulación cerrada en su campo de vientos y se observan en las imágenes radáricas que tienen conglomerados de celdas de convección profunda asociados muy bien organizados entorno a la zona central de la mencionada circulación.

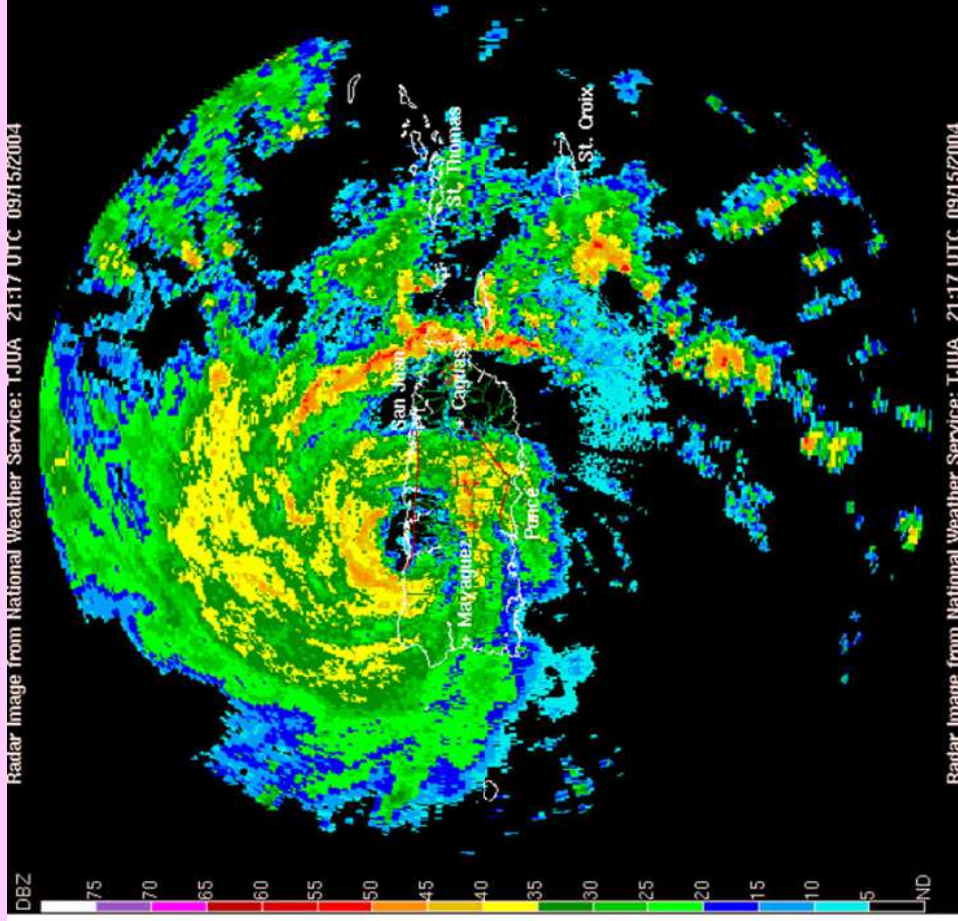
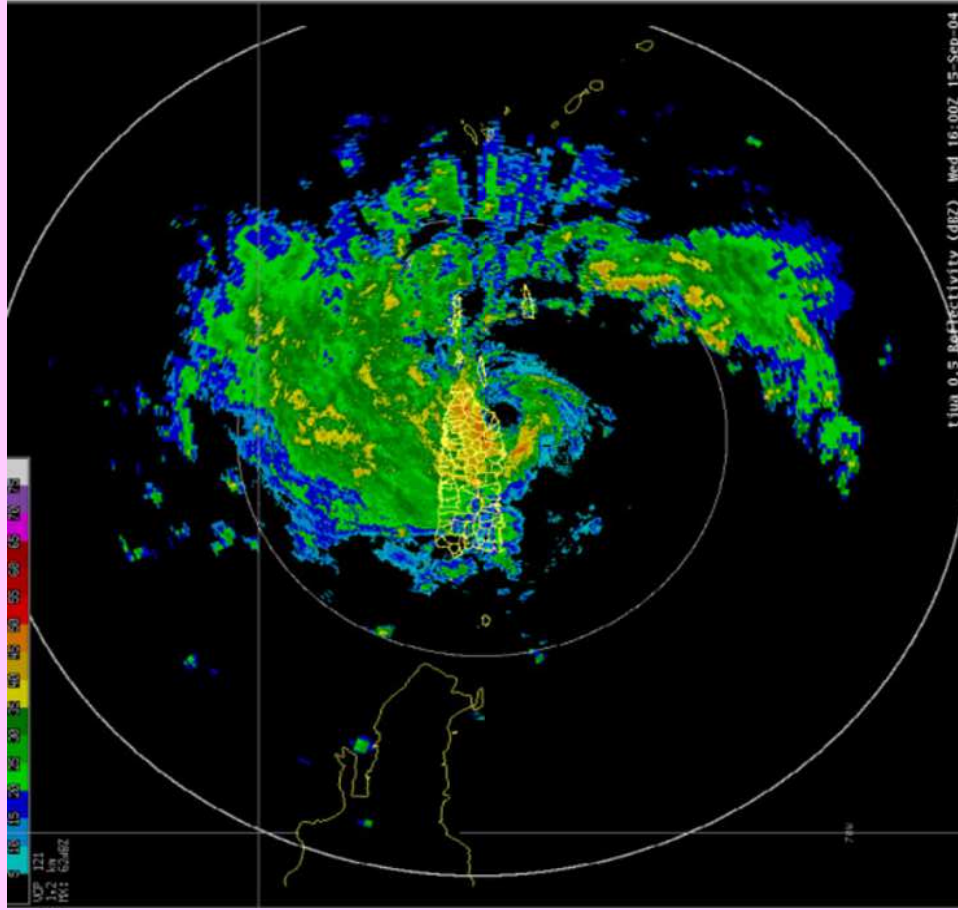
# Patrón de radio-ecos – D. Trop



# Definición de Tormenta Tropical

Ciclón tropical que tenga como valor de intensidad de sus vientos máximos en superficie, medidos en el lapso de 1 minuto, de 63 hasta 118 km/h.

Estos sistemas suelen mostrar mayor amplitud en la circulación cerrada en su campo de vientos y en las imágenes radáricas se evidencian la formación de **extensas bandas integradas por celdas de convección profunda asociadas y muy bien organizados** que describen un giro siguiendo una tendencia en espiral que converge hacia la zona central de la referida circulación.



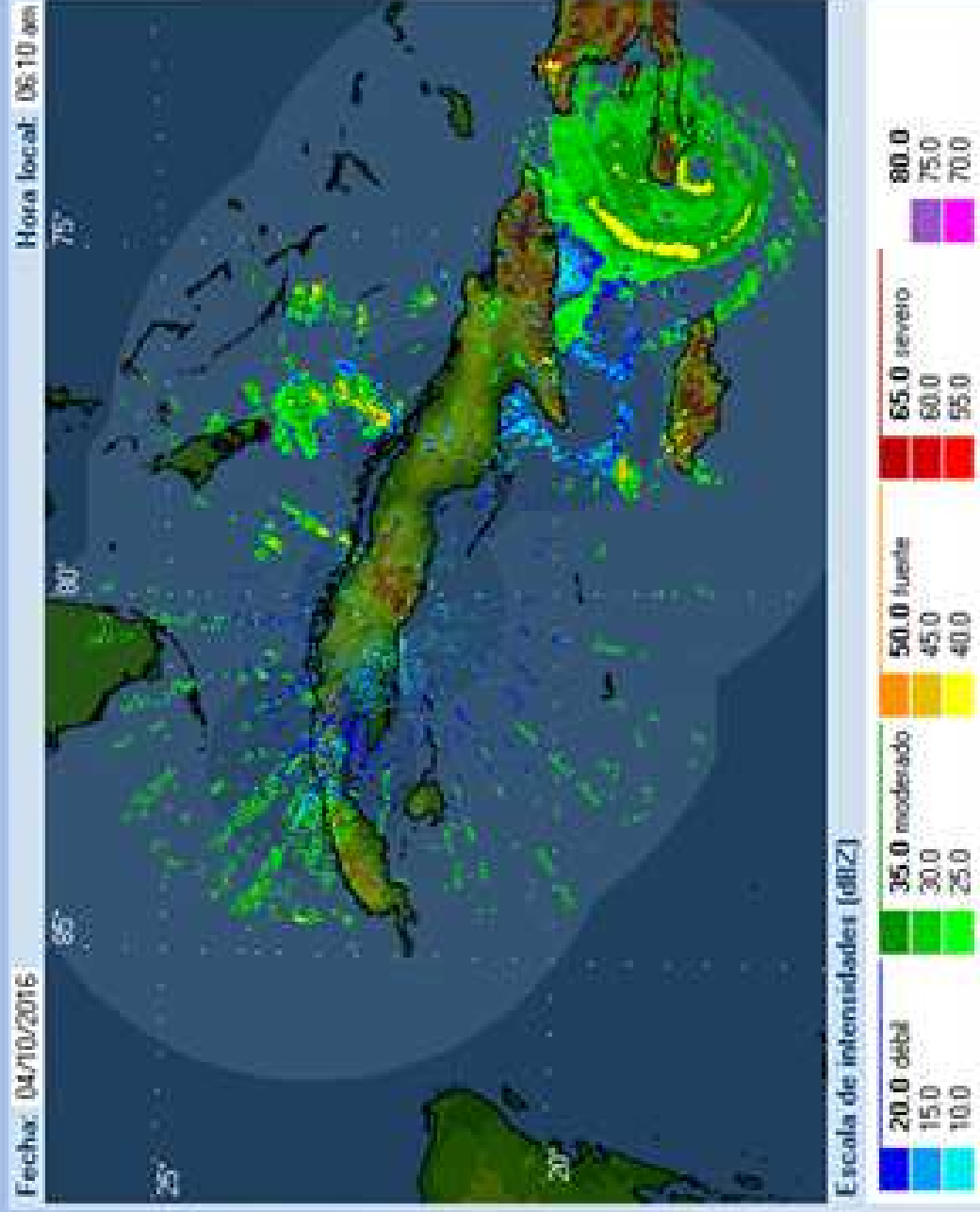
# Definición de Huracán

Alcanza a tener en la intensidad de sus vientos máximos en superficie, medidos en el lapso de 1 minuto, valores iguales o superiores a 119 km/h.

Estos sistemas siempre son extremadamente abarcadores en la amplitud de la circulación de su campo de RADIO-ECOS EN FORMA DE BANDAS ESPIRALES, QUE EN LAS IMAGENES RADARICAS SE DESTACA UN AREA DESPOBLADA DE RADIO-ECOS EN SU ZONA CENTRAL, DONDE CONVERGEN LAS MENCIONADAS BANDAS GENERALMENTE INTEGRADAS POR CELDAS DE CONVECCION PROFUNDA MUY BIEN ORGANIZADAS.



# Patrón de radio-ecos - Huracán



# IDENTIFICACIÓN E INTERPRETACIÓN

EL PROCESO DE IDENTIFICACIÓN DE LOS PATRONES DE RADIO-ECOS SE FUNDAMENTA EN DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS QUE SE MUESTRAN EN LAS IMÁGENES OBTENIDAS POR EL PROCESADOR DE DATOS OBTENIDOS DURANTE LA REALIZACIÓN DE BARRIDO DE LA ANTENA DEL RADAR.

# SISTEMAS EXTRA TROPICALES

DENTRO DE ESTA CLASIFICACIÓN SE  
TIENE:

LOS FRENTE FRÍOS  
LAS HONDONADAS PREFRONTALES

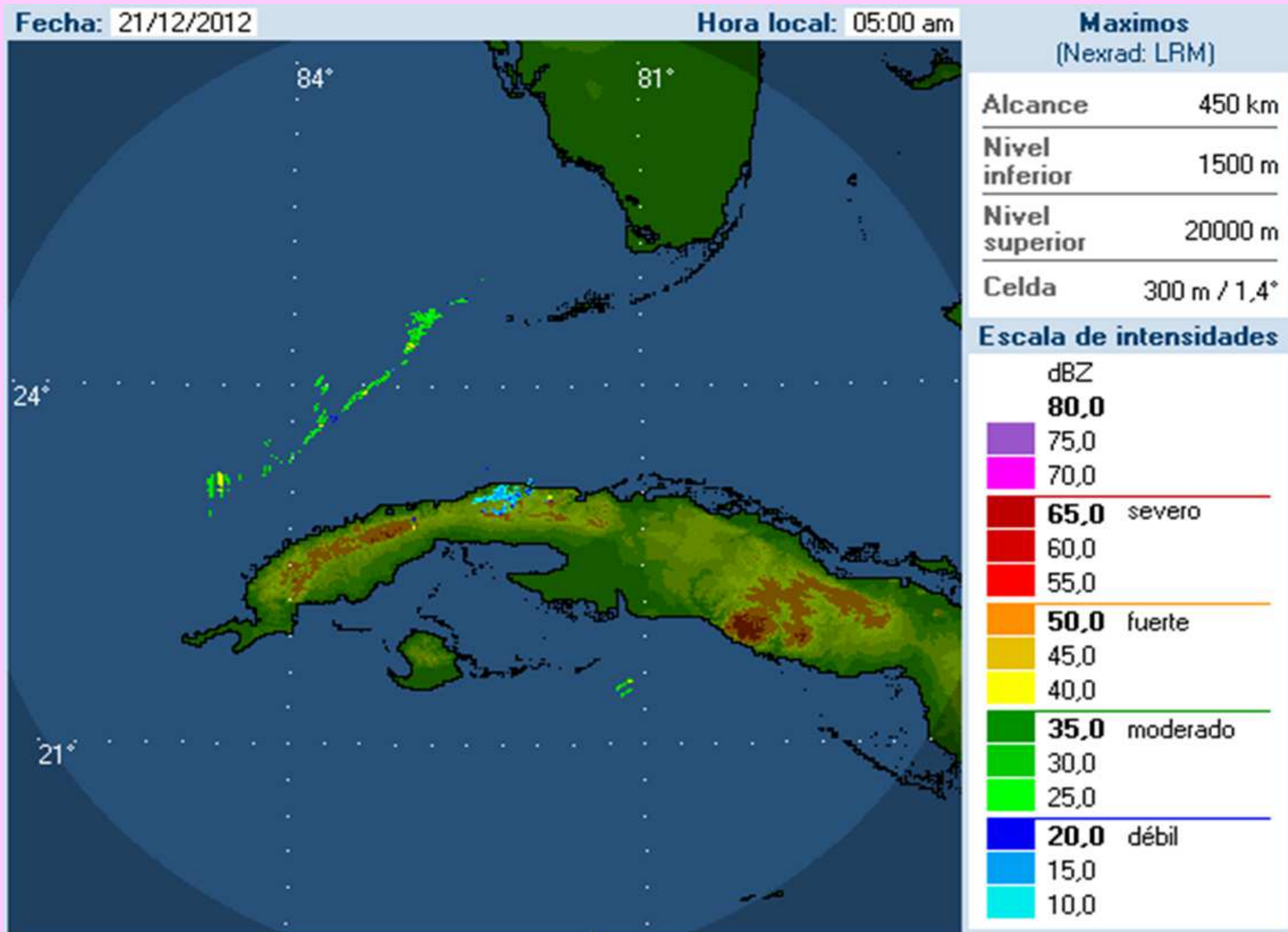
Reconocimiento del patrón de radio-ecos  
asociado a los frentes fríos.

Reconocimiento del patrón de radio-ecos  
asociado a los frentes fríos.

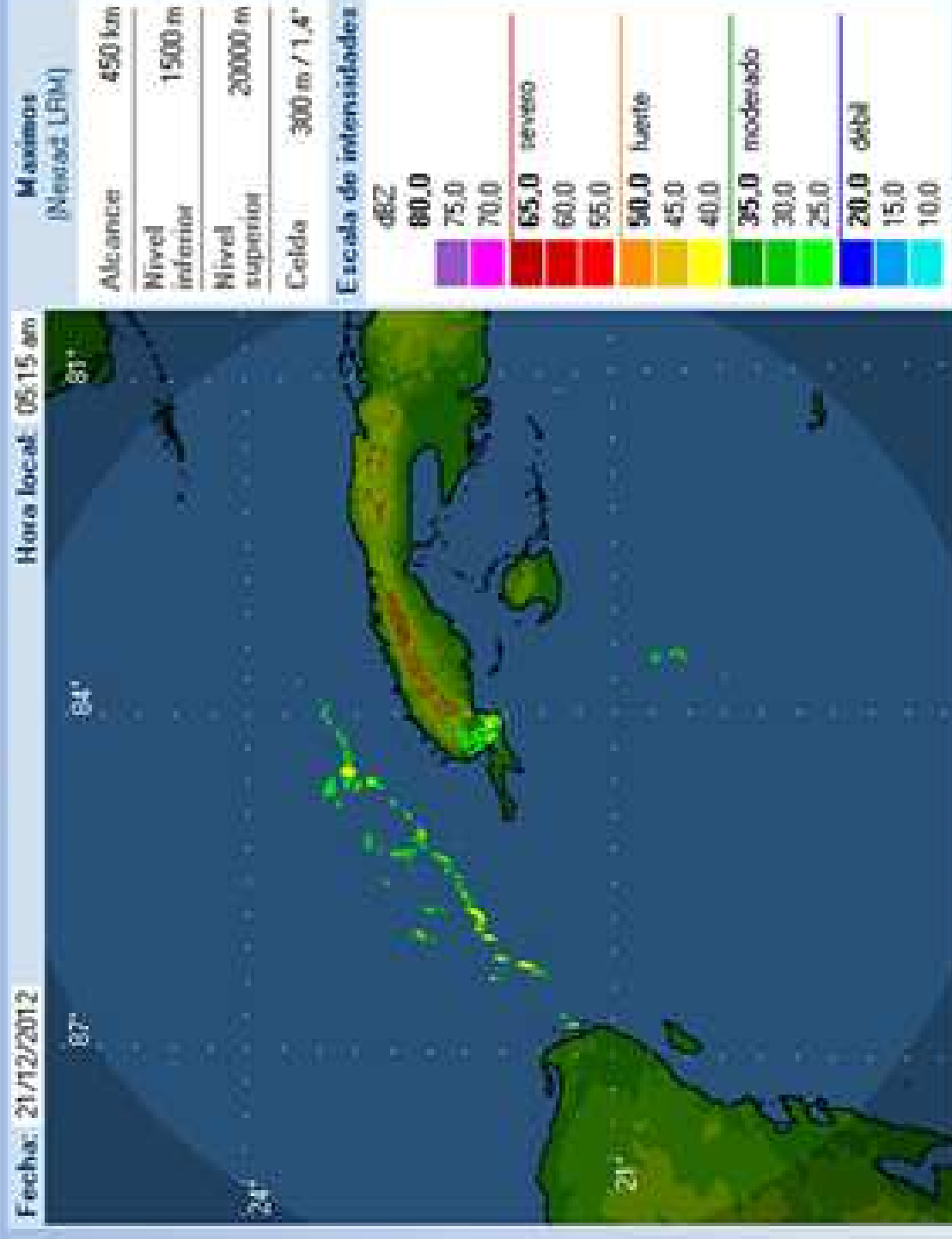
MORFOLOGÍA DE LOS PATRONES  
DE RADIO -ECOS DE LOS  
FRENTE FRÍOS.

En el indicador PPI es posible observar una cierta organización de celdas de carácter convectivas constituyendo una banda orientada aproximadamente de N - S, NNE - SSW o de NE - SW y en la secuencia de imágenes siempre la banda muestra un desplazamiento general hacia el SE, al ESE o el E.

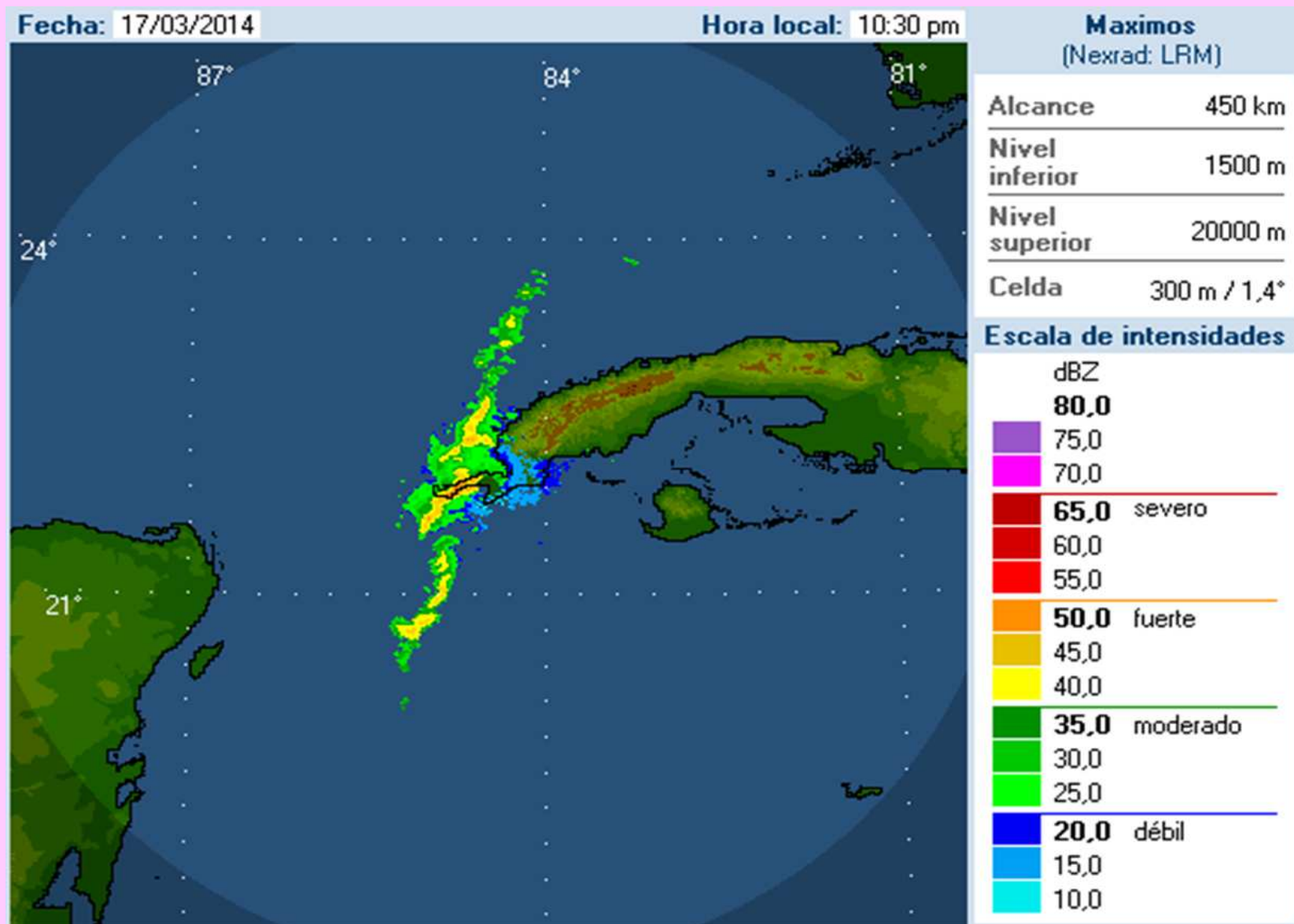
# Imagen Ejemplo



# Imagen Ejemplo



# Imagen Ejemplo





Reconocimiento del patrón de radio-ecos asociado al estado de la mar

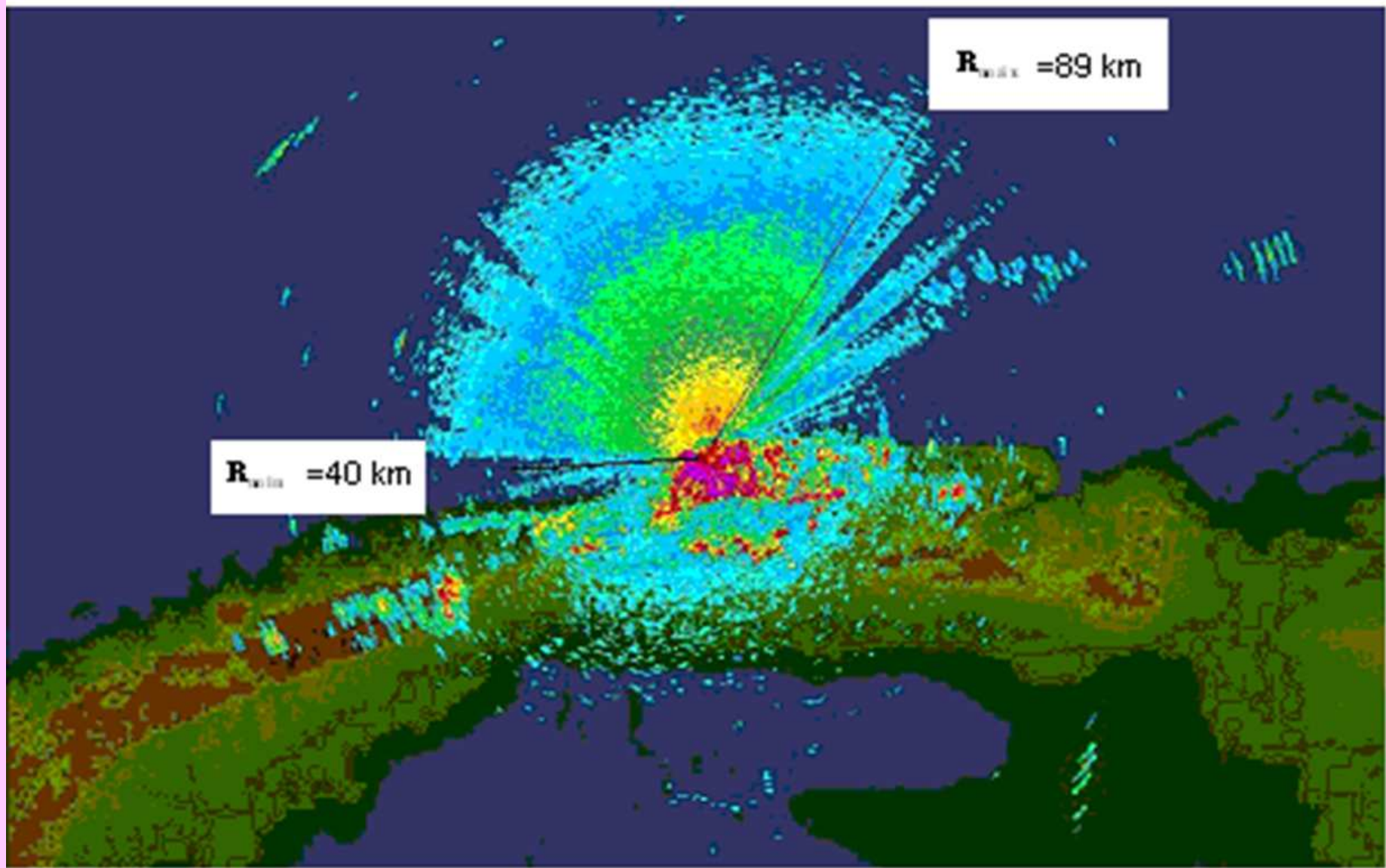
CARACERÍSTICA MORFOLÓGICA  
DEL PATRON DE RADIO -ECOS  
DEL MAR.

ESTE PATRÓN ES EL RESULTADO DE LA RETRODISPERSIÓN DE ENERGÍA QUE PROPORCIONAN LAS PARTICULAS DE HIDROMETEOROS QUE SE LOCALIZAN SUSPENDIDAS SOBRE LA PROXIMIDAD DE LA SUPERFICIE DEL MAR.

FORMA MAS COMÚN

ABANICO DESPLEGADO

# Imagen Ejemplo - Sea Clutter



**Reconocimiento de otros patrones  
de radio-ecos peculiares.**

# Gráficas Ejemplos

TODAS LAS GRÁFICAS QUE VERÁN SEGUIDAMENTE SE IDENTIFICAN CON ELEVADO PORCENTAJE DE OCURRENCIA DE CONDICIONES DE TIEMPO SEVERO. LO QUE SE CONOCE COMO TLS.

# “Bow Echo”

Patrón de radio ecos en Arco (Bow Echo)

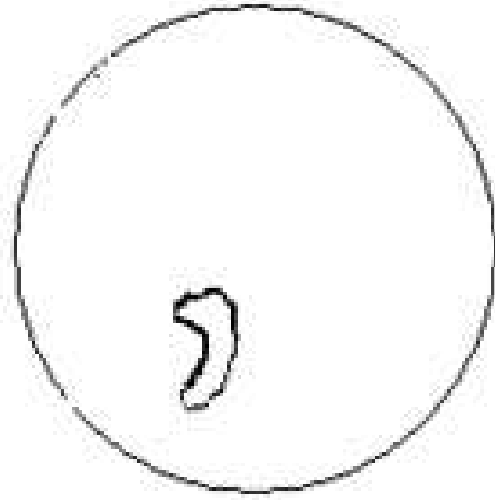


Fig No 5

# “Fingers Echo”

Patrón de radio ecos Dedos (Fingers Echo)

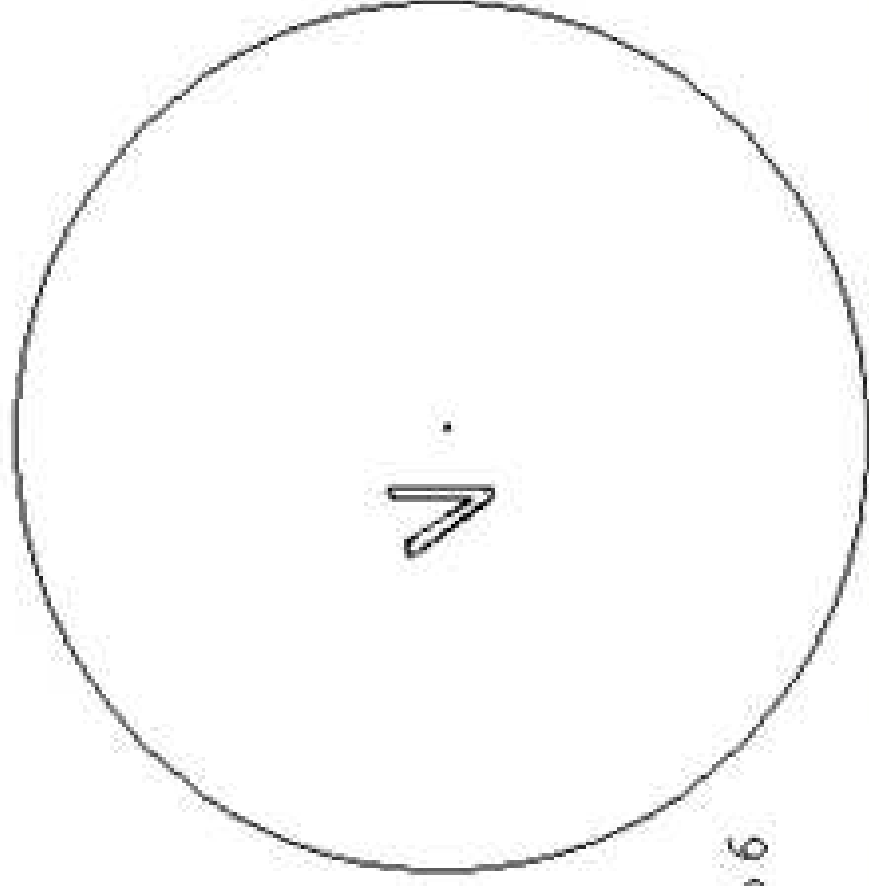


Fig No 6



# “Hook Echo”

Patrón de radio ecos Gancho (Hook Echo)

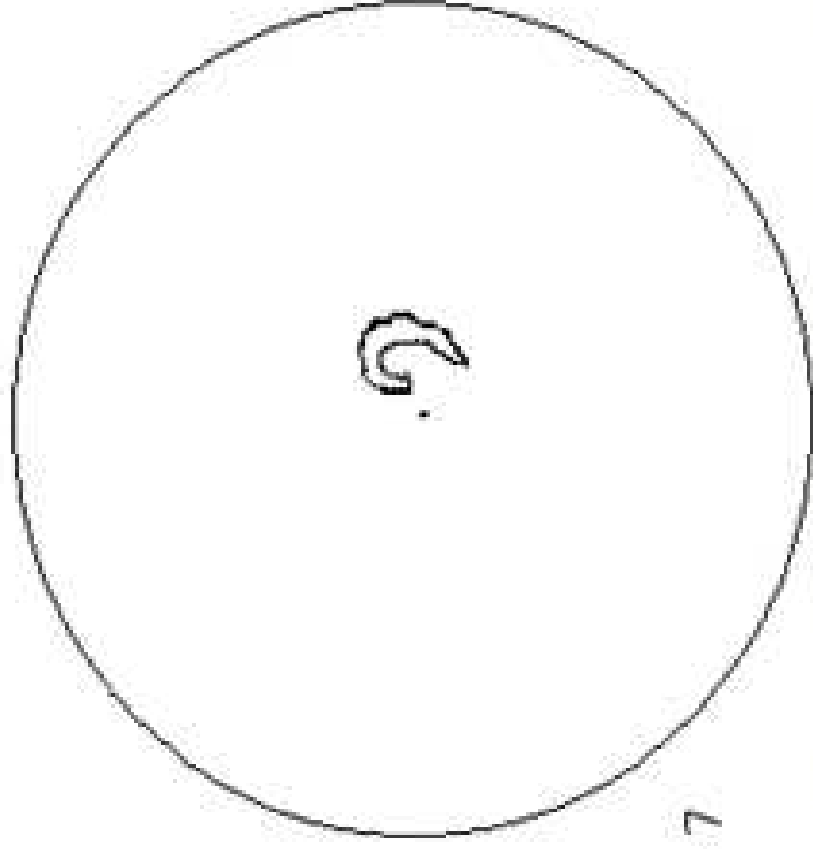


Fig No 7

# Zanahoria

Patrón de radio ecos Banda Triangular (Zanahoria)

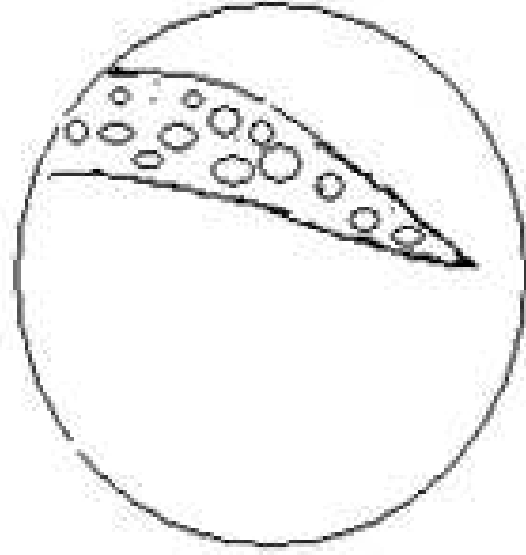


Fig No 8

# FACTOR COMÚN EN ESTOS PECULIARES PATRONES DE RADIO- ECOS:

- LAS CELDAS CONVECTIVAS SUELEN TENER:
- VALORES SIGNIFICATIVOS DE MÁXIMA REFLECTIVIDAD .
- ALTURAS SIGNIFICATIVAS DE LOS TOPES MÁXIMOS
- ELEVADOS POTENCIAL PARA LA OCURRENCIA DE SEVERIDAD.