

16.1- TORMENTAS

Una **tormenta** es un fenómeno caracterizado por la coexistencia próxima de dos o más masas de aire de diferentes temperaturas. Este contraste asociado a los efectos físicos implicados desemboca en una inestabilidad caracterizada por lluvias, vientos, relámpagos, truenos, rayos y ocasionalmente granizos entre otros fenómenos meteorológicos.

- **Inestabilidad**, aire húmedo, ascenso forzado o convección, y si alcanza el nivel de condensación, nubes cumuliformes.
- **Cb** acompañado por descargas eléctricas. Puede ir acompañado de granizo viento fuerte, chubascos, engelamiento, turbulencia, cizalladura, incluso tornados.

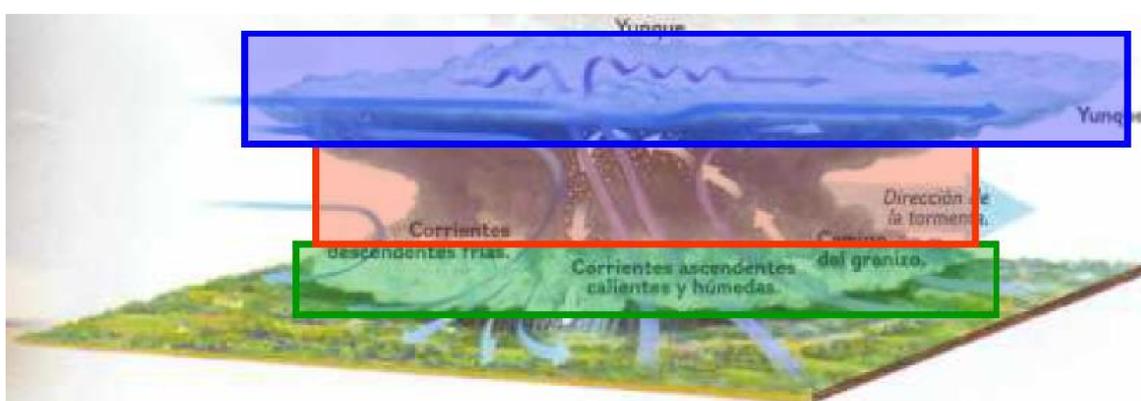
Tope entre 9000 y 15000 o más (según altura de tropopausa)

Base en función de la humedad (entre 600 y 2500m).



Estructura vertical.

- **Zona baja.** Nube rotor o remolino.
 - **Zona intermedia.** Torre con la parte delantera irregular
 - **Zona alta.** Yunque con cristales de hielo.
- **La célula convectiva es** la región de fuertes ascensos y descensos.



16.2- CICLO DE VIDA DE UNA TORMENTA DE CÉLULA SIMPLE

Cúmulo o desarrollo.

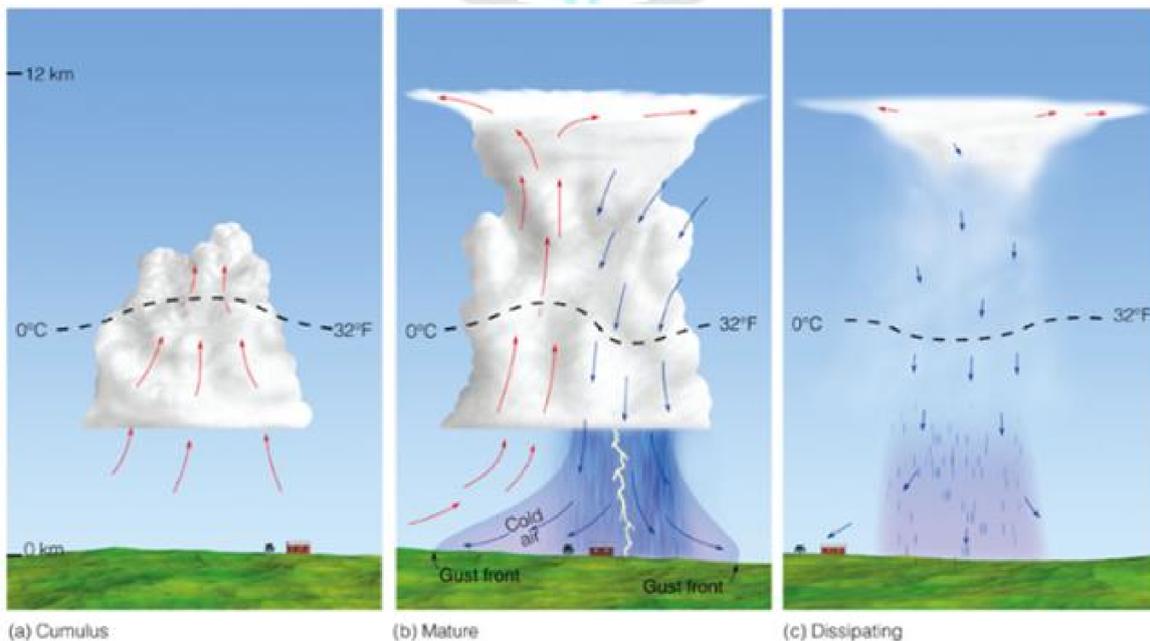
- Ascendencias desde el suelo forman un cúmulo.
- Protuberancias producidas por diferencias de intensidad y dirección entre las ascendencias dentro y descendencias fuera de la nube.
- Calor latente condensación alimenta el ascenso.
- Las gotas de agua aumentan de tamaño hasta ser precipitables y detectadas por el radar.
- Precipitación. Corriente descendente junto con ascendente dentro de la nube. Fin estado desarrollo.
- Entre 15 y 20 min. Diámetro de 5 a 8 km. Altura de 6 a 8 km. TCu. Ascendencias de 1000/2000 ft/min.

Madurez.

- Fase más activa y peligrosa.
- La descendencia enfría la parte baja de la nube, la evaporación acelera el descenso y alcanza el suelo.
- Se extiende horizontalmente en forma de cuña. Frente de racha. Turbulencia.
- Ascendencias máximas. 6000 ft/min. Alcanza o supera la tropopausa. Cizalladura y turbulencia.
- 15-30 min. Diámetro 8 a 16 km. Aparecen rayos. Cb. Yunque cirriforme.

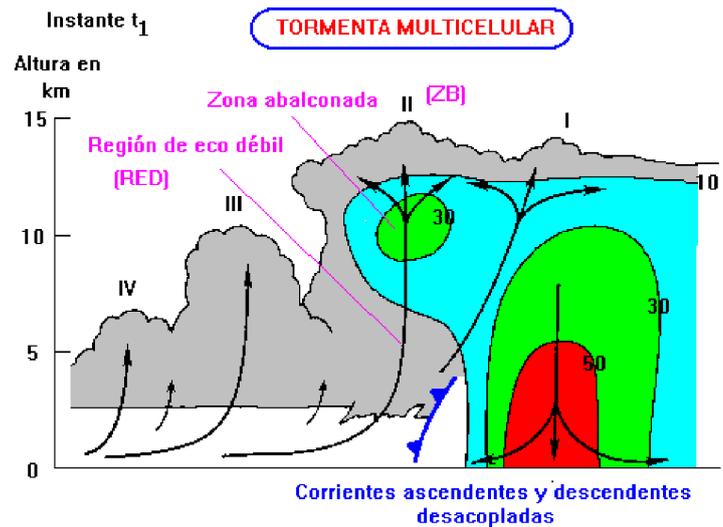
Disipación.

- Las descendencias predominan en todos los niveles.
 - Se interrumpen las ascendencias. No hay aporte de calor ni humedad.
 - Descendencias < 1000 ft/min.
 - Precipitación disminuye. El yunque persiste.
 - 30 min.
- El ciclo de vida puede ser de 90-120 min. Más activa cuanto mayor es la distancia entre nivel de condensación e iso-cero.



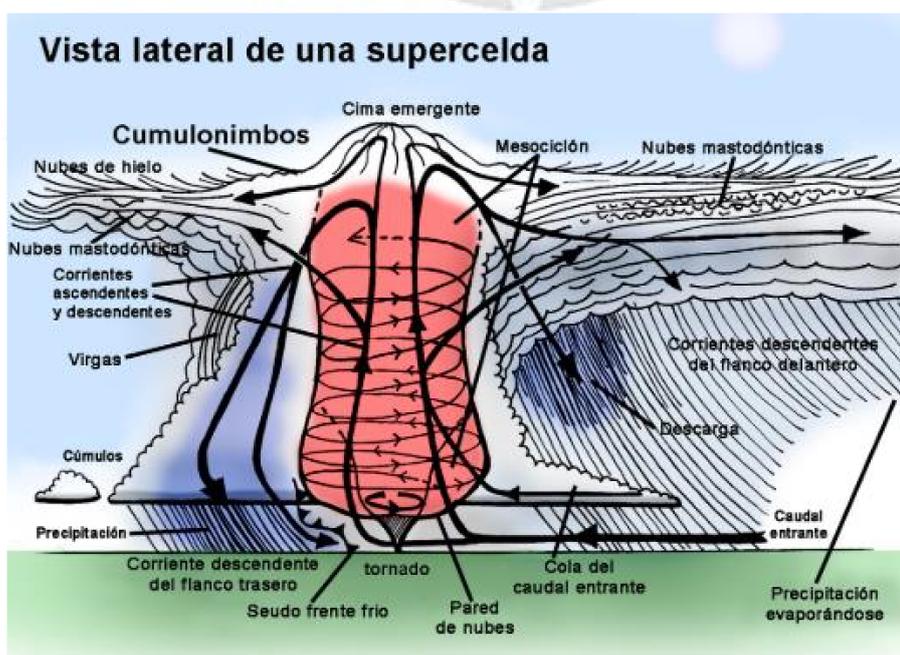
16.3- TORMENTA MULTICELULAR

- Conjunto organizado de células simples en distintas fases de desarrollo.
- Fuerte inestabilidad, humedad en capas bajas, cizalladura vertical, capa seca en niveles medios.
- Descendencias de la célula madre en disipación se refuerzan con la evaporación de la precipitación en capa seca. Frente de racha muy potente.
- Aire cálido y húmedo en SFC obligado a ascender. Nueva célula similar a la célula madre.
- Renovación continua. Persistencia. Tiempo de vida la suma de las células que la forman. Granizo y tornados corta duración.



16.4- TORMENTA SUPERCÉLULA

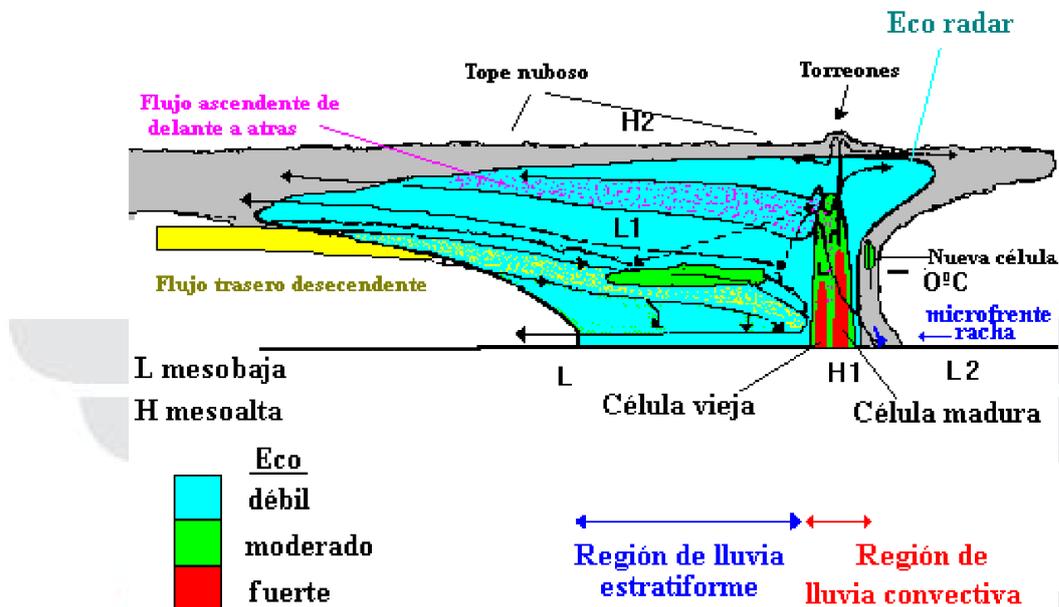
- Tormenta unicelular muy severa.
- Cizalladura vertical muy fuerte favorece circulación rotatoria de las ascenciones sin interferir con las descendencias.
- Se mantiene mucho tiempo en estado estacionario.
- Rachas fuertes en SFC, GR gran tamaño, FC (tornado) .
- Por debajo, fuerte caída de presión.



16.5- LÍNEA DE TURBONADA

- Línea de tormentas muy activas.
- Cientos de km de longitud, 20-30 km de anchura, traslación 25 kt, delante y paralela al frente frío a 100-300km.
- No son tormentas frontales. Es una línea de inestabilidad.
- Inestabilidad, humedad, convergencia SFC, advección aire cálido y húmedo en 850/700 hPa.
- Asociada a tiempo muy severo.
- En función de la inestabilidad formada por simples, multi, o supercélulas, o mezcla de ellas. No entrar ni rodearla.
- Turbonada.

LINEA DE TURBONADA: Corte transversal



16.6- ELECTRICIDAD EN LA ATMÓSFERA

- Fenómenos eléctricos por la presencia de electrones e iones en la troposfera.
- Las ascendencias y descendencias distribuyen las cargas:
 - Yunque positivamente.
 - Intermedia y baja negativa.
 - Zona baja pocas cargas positivas.
 - Campo positivo inducido SFC sobre todo en objetos salientes.
- Desequilibrio entre dos regiones genera el rayo, redistribuyendo las cargas.



- Dentro de la nube, entre dos nubes o entre nube y SFC.
- Efecto óptico es el relámpago. El rayo alcanza $\pm 30.000^{\circ}\text{C}$, lo que produce una expansión y una onda de sonido explosiva, el trueno.
- Efectos adversos.
- Rayos:
 - Relámpago ciega temporalmente.
 - Interferencias radio.
 - Daños estructurales.
 - Ignición gases depósitos.
- Descargas estáticas.
 - Ruido en comunicaciones.
 - Halo azulado "Fuego de San Telmo".
- La aeronave se comporta como una caja de Faraday.
- Dispositivos de descarga.



16.7- TIPOS DE TORMENTA SEGÚN SU ORIGEN

Tormentas de masa de aire, o locales. Aire inestable.

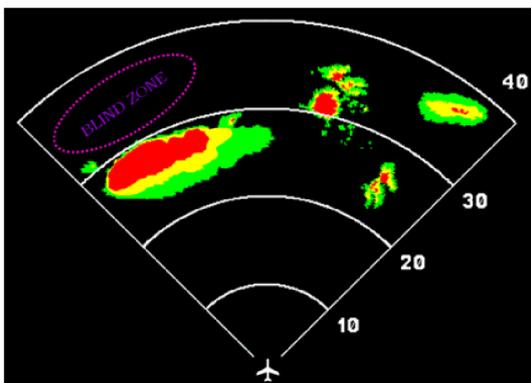
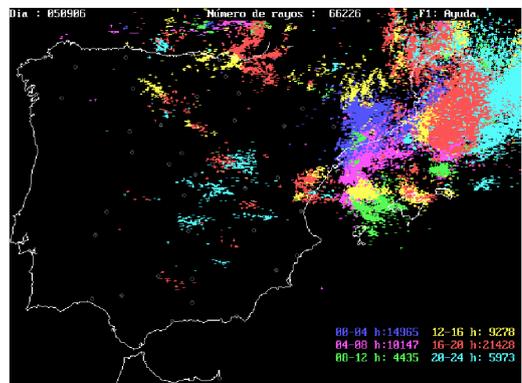
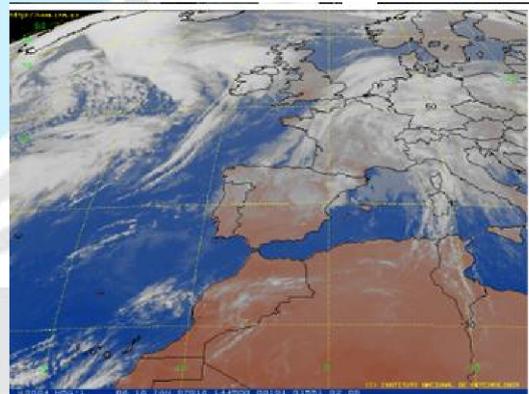
- **Origen térmico.** Convección.
 - Cizalladura vertical suave
 - Sobre tierra. Desde final primavera hasta comienzo de otoño. XMT pleno verano, aire muy seco.
 - Sobre océanos. Invierno. Aire frío sobre aguas cálidas
- **Origen orográfico.** Cb a barlovento. Al atardecer en primavera y verano.
- **Mezcla turbulenta.** Regiones costeras y mar adentro durante la noche y al amanecer. Aire en contacto con agua más cálida se inestabiliza.

Tormentas frontales o móviles.

- Aire cálido inestable forzado a ascender por las superficies frontales
- Asociadas al frente frío centenares de Km.
- Asociadas al frente cálido inmersas en nimboestratos

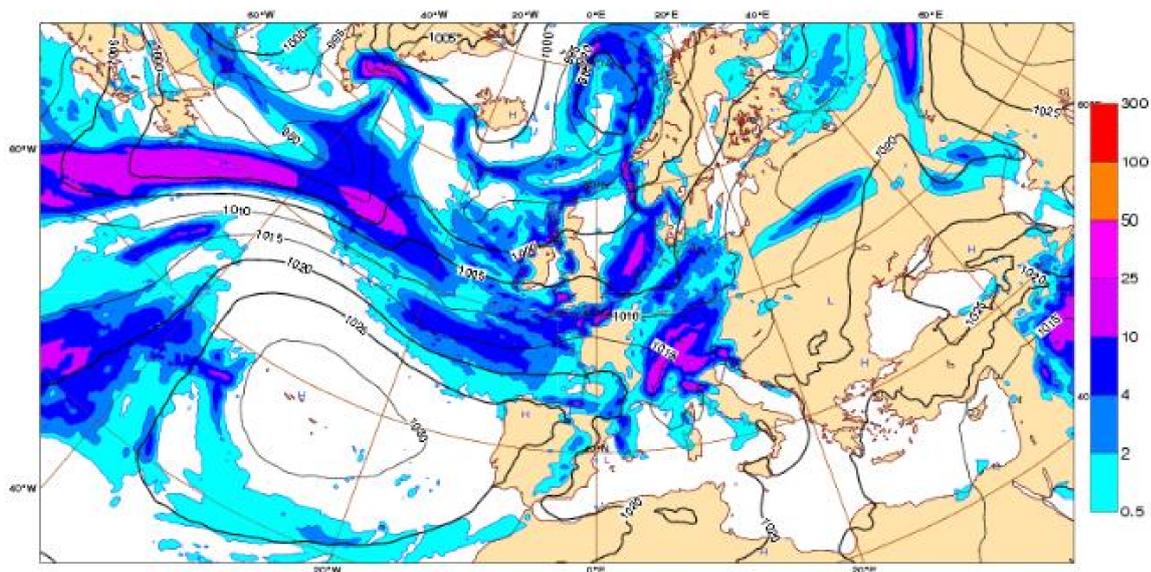
16.8- DETECCIÓN DE TORMENTAS

- Imágenes IR. Temperatura de los topes nubosos.
- Imágenes visibles. Estructura de la masa nubosa y separación entre las células.
- Imágenes radar de superficie. Más intensa cuanto mayor es el tamaño de las partículas de precipitación y mayor su concentración. Dirección, velocidad y altura de los ecos.
- Detector de descargas. Localiza tormentas en tiempo real. Actividad se estima por el nº de descargas. rayos nube-SFC.
- Radar de abordó. Ecos de gotas precipitables. No muestra toda la célula convectiva. Gradiente isoecoico es elevado, turbulencia fuerte.



16.9- PRONÓSTICO DE TORMENTAS

- Mapas de tiempo significativo, pronóstico a través de simbología de zonas en que hay probabilidad de tormenta.
- Mapas de superficie, isobaras y posición de frentes.
- Regiones de pantano barométrico, vientos débiles, calentamiento de SFC tormentas origen térmico
- En general:
- Altocúmulos Castellatus por la mañana presagian Cb por la tarde.



16.10- PELIGROS ASOCIADOS A LAS TORMENTAS, INCIDENCIA EN EL VUELO

Debajo de la célula tormentosa.

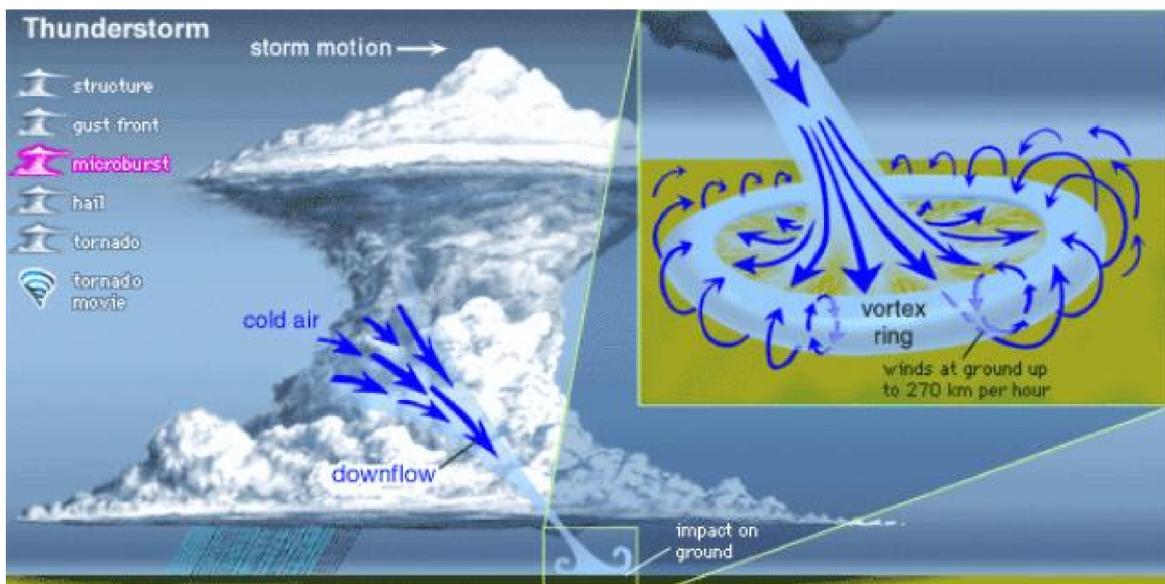
- Cambio rápido dirección e intensidad del viento.
- No realizar tomas ni despegues. Turbulencia fuerte.
- Variaciones rápidas de P. Errores de altímetro.
- Precipitaciones. Si es de granizo, mayores dimensiones cuanto más desarrollada es la nube. $T < 0^{\circ}$ engelamiento.
- Rayos y descargas eléctricas.
- Se puede volar por debajo si la base es lo suficientemente alta y nos permita respetar mínimos.

Dentro y en el entorno de la célula tormentosa.

- Desde SFC hasta 8000' sobre el tope, y unas 20NM alrededor.
- Fuerte cizalladura por las ascenciones y descendencias.
- Reducir V crucero, evitar cambios de rumbo, no PA.
- Engelamiento más fuerte por encima nivel isocero.
- Mayor nº descargas eléctricas. Visibilidad nula.
- Recomendaciones:
 - Vista a los instrumentos
 - Mantener actitud, sin pretender mantener altitud
 - Aplicar potencia y velocidad recomendada
 - Una vez dentro, no intentar volver.

16.11- MICRORRÁFAGAS DESCENDIENTES O MICRORREVENTONES

- Fuerte corriente descendente de aire frío y denso desde una nube convectiva. 6.000 -7.000 ft/min
- Desde unos cientos de metros hasta 4 km, y entre 1 y 5 min.
- Vientos asociados de hasta 280 km/h. Cizalladura muy fuerte
- Si está asociado a precipitación, es muy violento. Húmedo.
- Seco, base de la nube muy alta, virgas.
- Al alcanzar la SFC y extenderse (3 a 6 km), forma remolinos (vórtices anulares)(1km de altura), que pueden formar nubes anulares.
- Una misma célula puede producir varios microrreventones



16.12- TORNADOS Y TROMBAS MARINAS

- Columna de aire que rota violentamente desde la base de un Cb supercélula, hasta el suelo.
- Diámetro entre 90 y 600m.
- Vientos máximos en SFC <200kts
- Pocos minutos de duración.
- Llanuras centrales USA mayoría de tornados del mundo.
- En Europa menor intensidad, al final de la tarde en verano con diámetros de decenas de metros.
- Tromba marina si se produce en el mar. Más débiles que los tornados. En Europa, otoño-principios invierno. Advección de aire frío sobre mar aún cálido.

