

TEMA 2

FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS ASOCIADOS A SITUACIONES DE INESTABILIDAD ATMOSFÉRICA



TIEMPOS Y CLIMAS EXTREMOS

Taller

TEMA 2.1

Las borrascas/perturbaciones extratropicales

Características generales

□ Importancia

- El sistema atmosférica más significativo en términos de producción de eventos de tiempo en latitudes medias
 - ✓ Los regímenes pluviométricos: frecuencia de paso.
 - ✓ Su variabilidad interanual: modificaciones en su trayectoria

Características generales

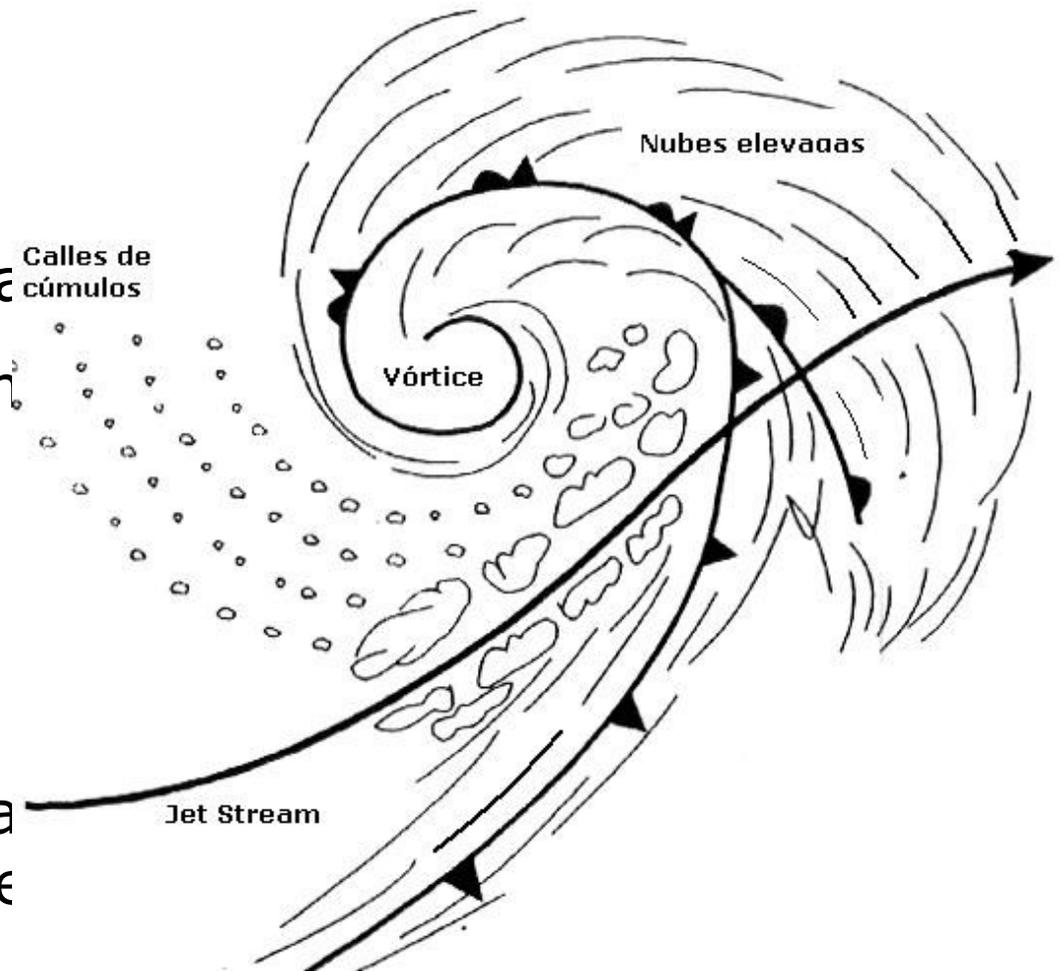
□ Importancia

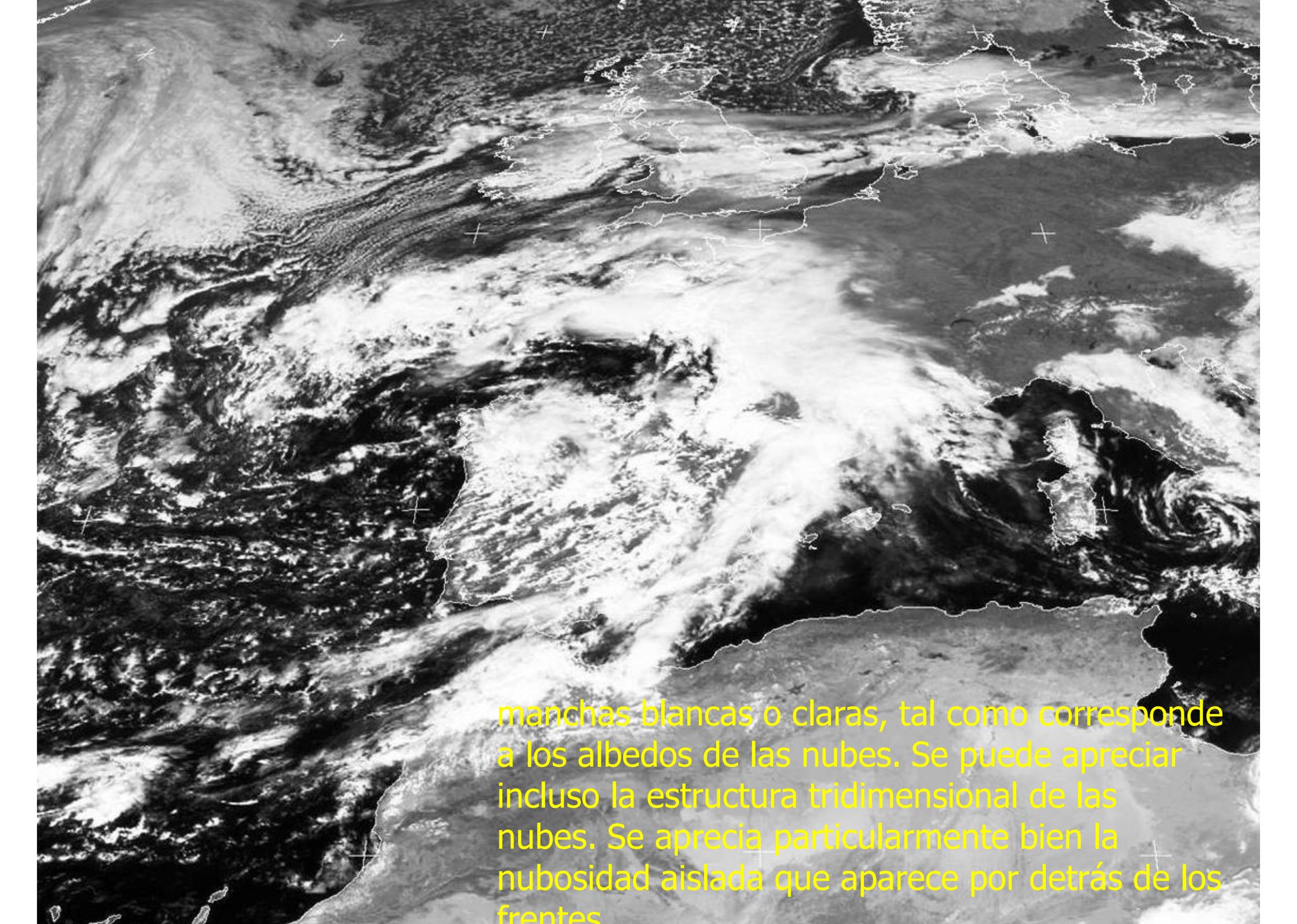
- Fundamental en los intercambios meridianos de energía:
 - ✓ El aire tropical dirige calor y vapor de agua hacia latitudes altas; la descarga de fin de familia exporta aire frío hasta latitudes subtropicales.
 - ✓ La liberación de calor latente (condensación) templó las regiones por las que circulan (especialmente continentales)

Características generales

□ Estructura.

- Núcleo de baja presión.
- Ojo o vórtice de la borrasca
- Nubosidad en forma de con
- Frente ocluido
- Frente cálido
- Frente frío
- Núcleos de convección cara inestabilidad del aire que que los frentes.



A satellite image of Earth's atmosphere showing cloud patterns and fronts. The image displays a complex structure of clouds, including a prominent white band (likely a front) and a large, dark, swirling cloud mass (likely a cyclone or storm system). The text is overlaid on the bottom right of the image.

manchas blancas o claras, tal como corresponde a los albedos de las nubes. Se puede apreciar incluso la estructura tridimensional de las nubes. Se aprecia particularmente bien la nubosidad aislada que aparece por detrás de los frentes



Zonas oscuras:

Corrientes en chorro por detrás del frente frío.

No poseen prácticamente humedad.

Aparecen por detrás del frente frío, indicando la existencia de fuertes corrientes de aire.

Cintras transportadoras ("Conveyor belts"):

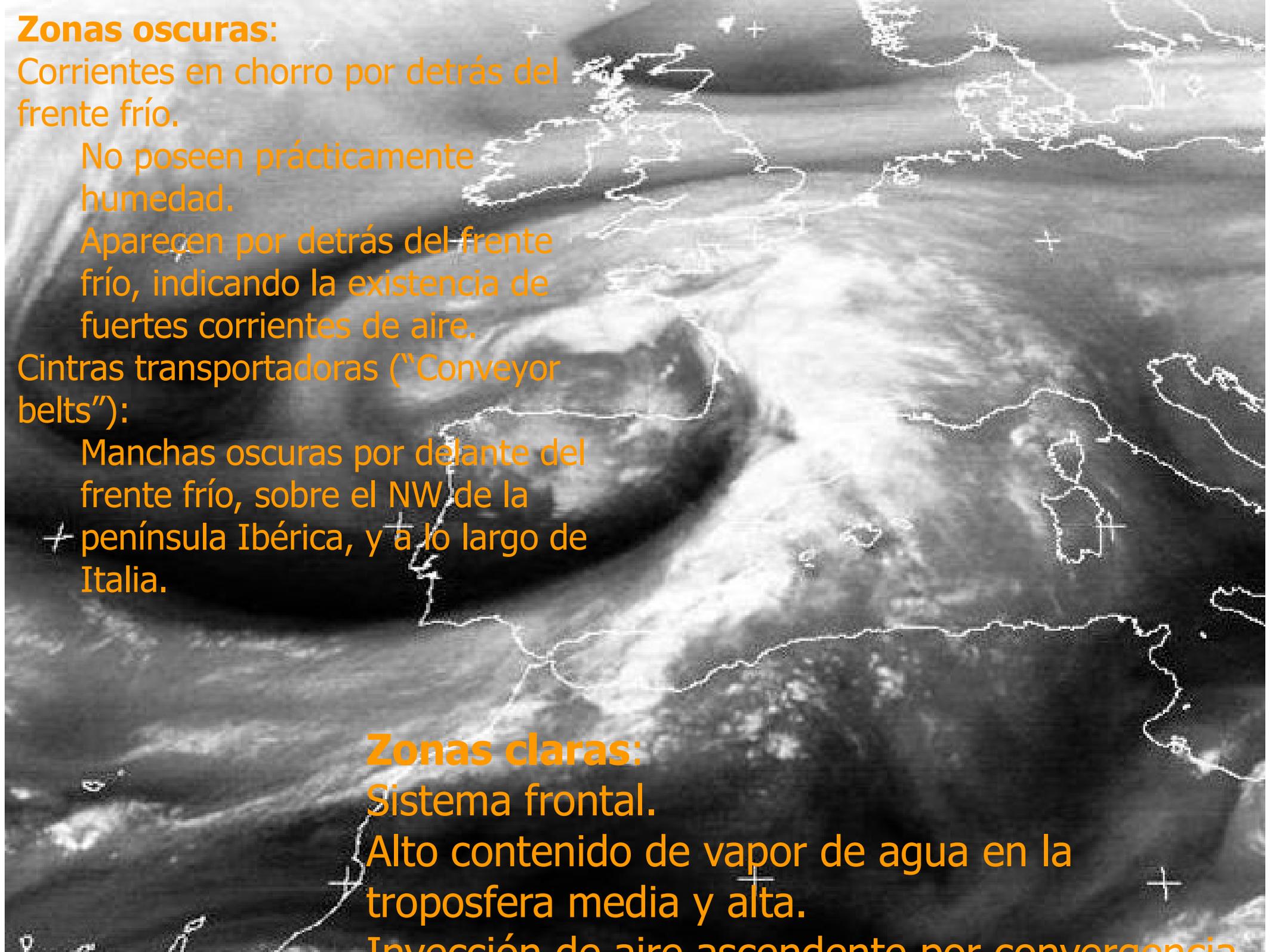
Manchas oscuras por delante del frente frío, sobre el NW de la península Ibérica, y a lo largo de Italia.

Zonas claras:

Sistema frontal.

Alto contenido de vapor de agua en la troposfera media y alta.

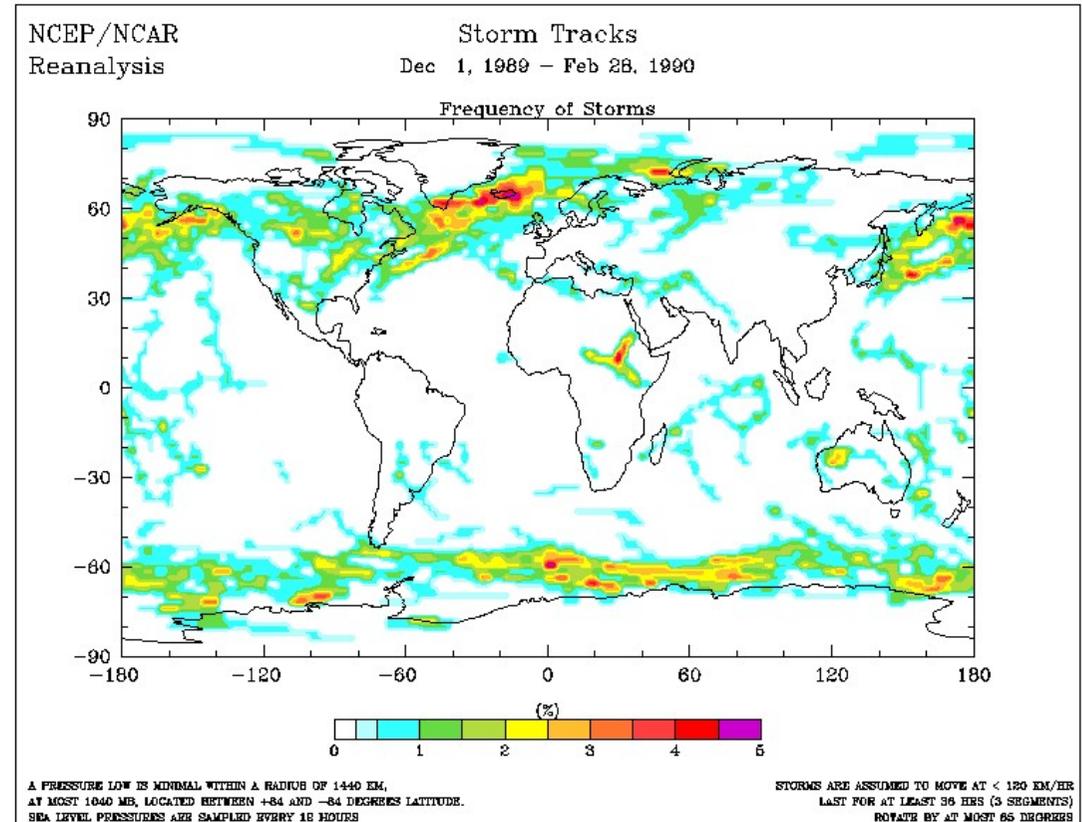
Invocación de aire ascendente por convergencia



Características generales

□ Estructura.

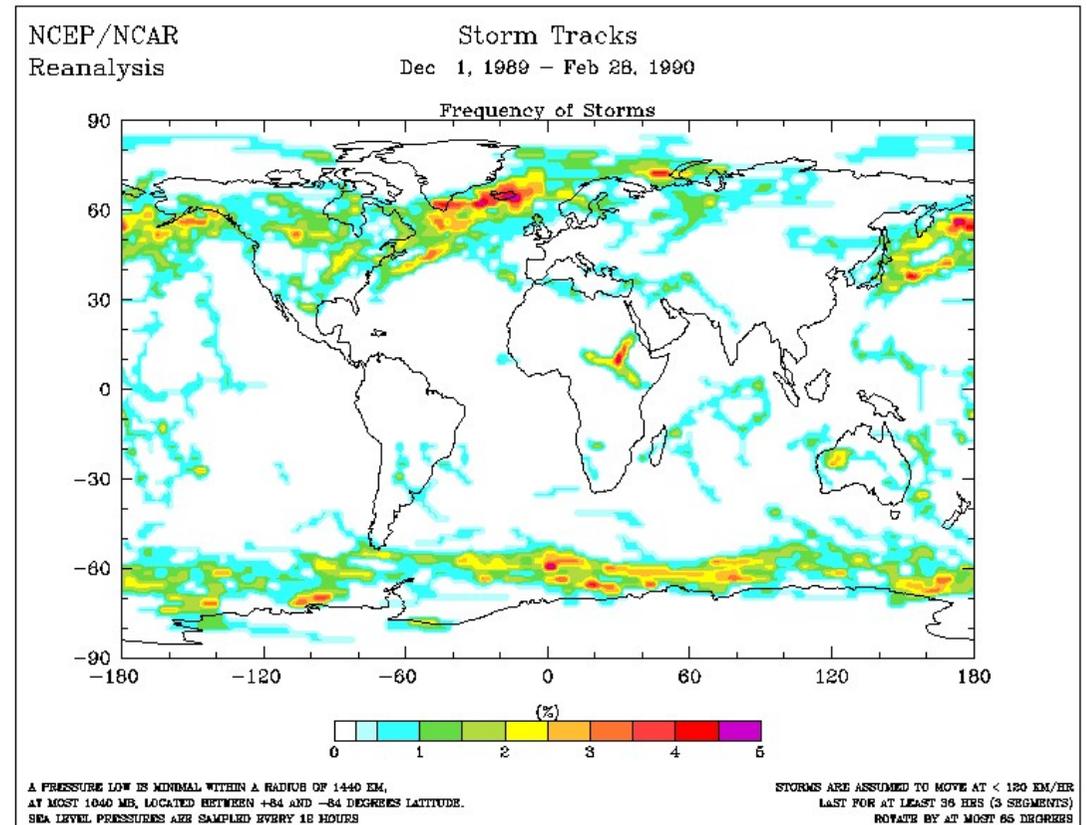
- Movimiento: hasta 1200 km por día (más sobre el mar y en invierno), de W a E (ligera desviación hacia los polos), controladas por el Jet Stream Polar.



Características generales

□ Estructura.

- Las trayectorias varían en latitud según las estaciones → hacia latitudes más bajas en invierno
- Contraste entre el HN (verano coincide con una reducción del número y actividad) y el HS (actividad incesante)

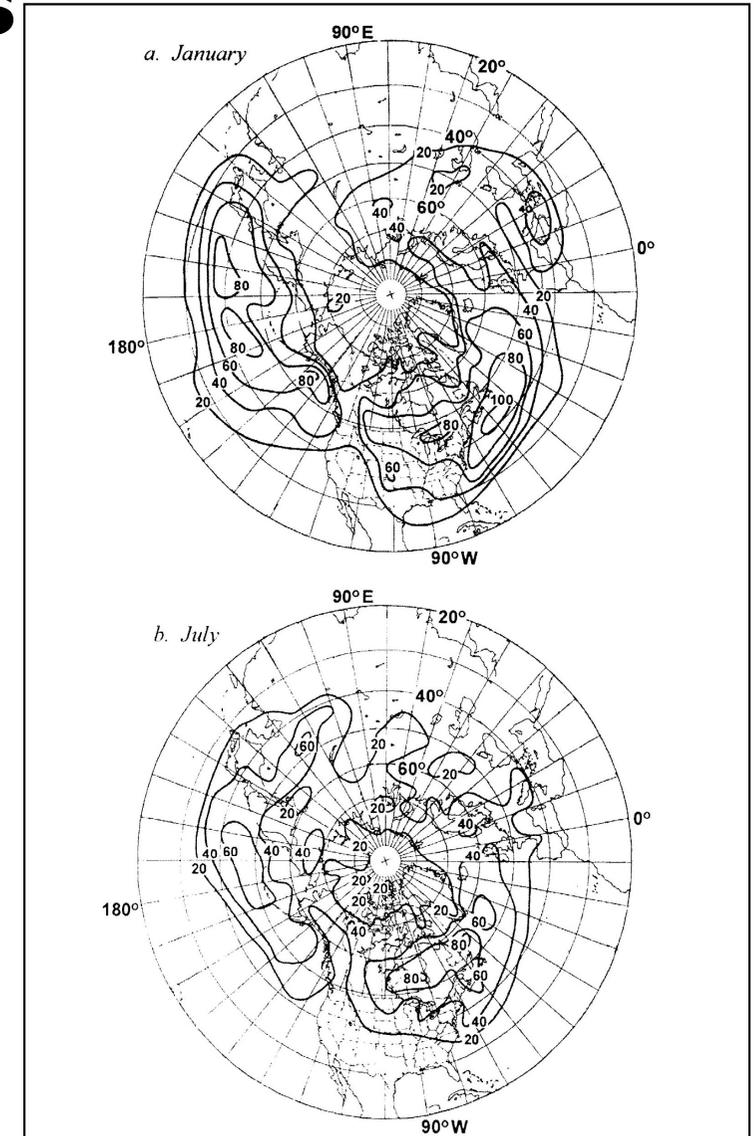


<http://data.giss.nasa.gov/stormtracks/>

Características generales

□ Áreas de ciclogénesis.

- Grandes contrastes térmicos (confluencia habitual de las masas de aire): normalmente los sectores costeros orientales de los continentes.
- A sotavento de las grandes cadenas montañosas.



Características generales

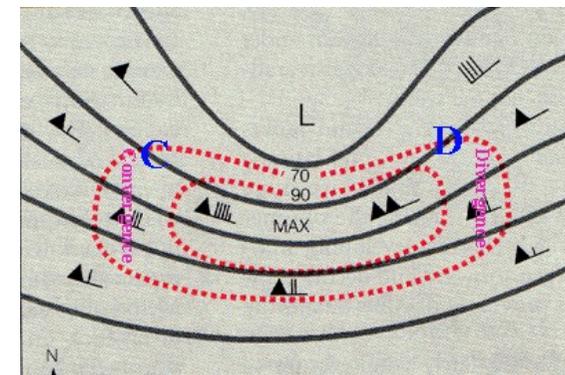
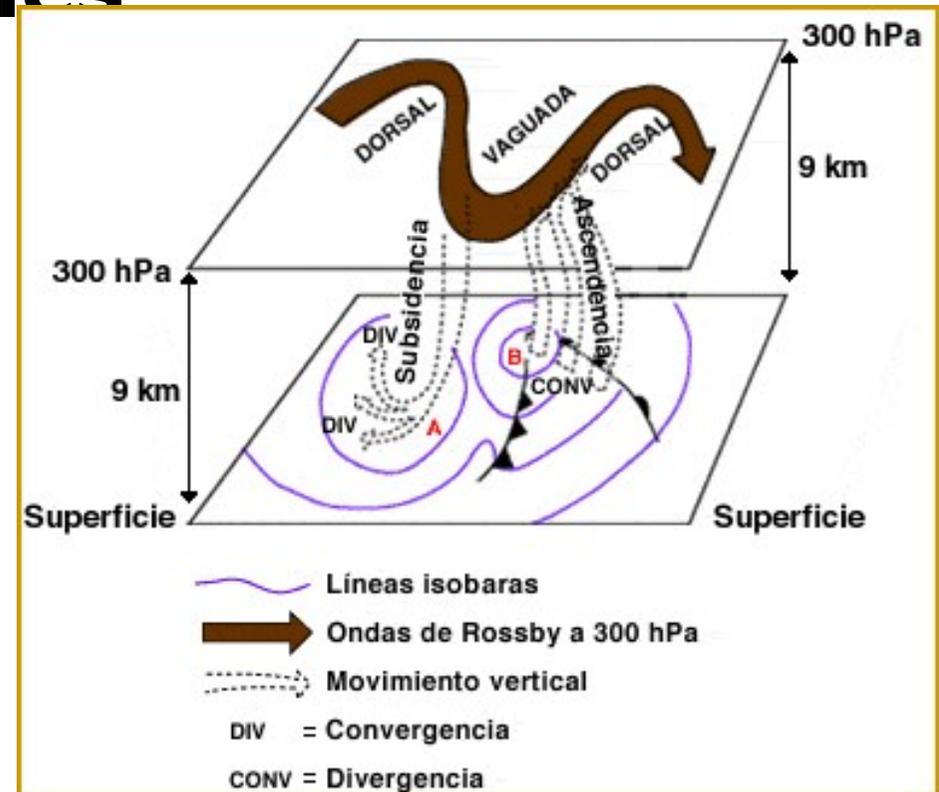
□ Origen

- Conjunción de procesos en las capas bajas y en las capas altas
- El campo de presión en superficie es modulado por el tipo de circulación en altura y sus ondulaciones → reforzamiento de los contrastes térmicos en superficie con una inestabilidad dinámica.
- Sin este apoyo de las capas altas, la perturbación en superficie no se intensifica

Características generales

□ Origen

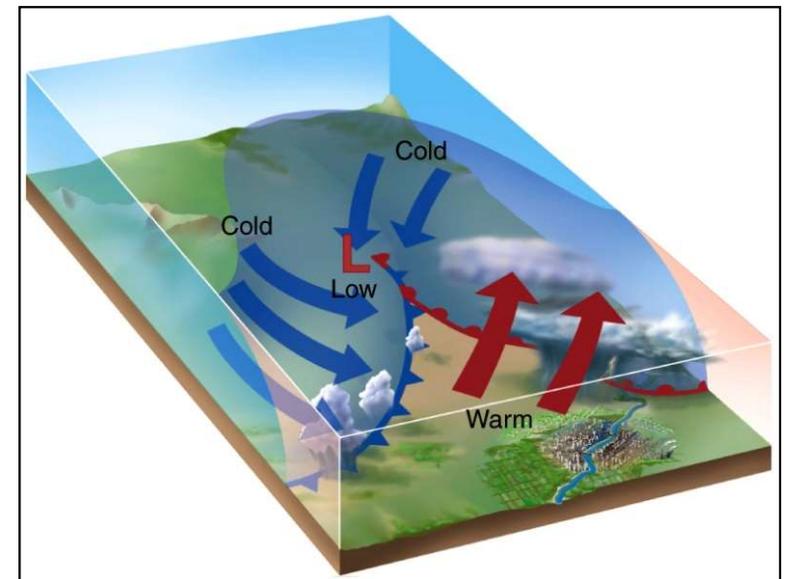
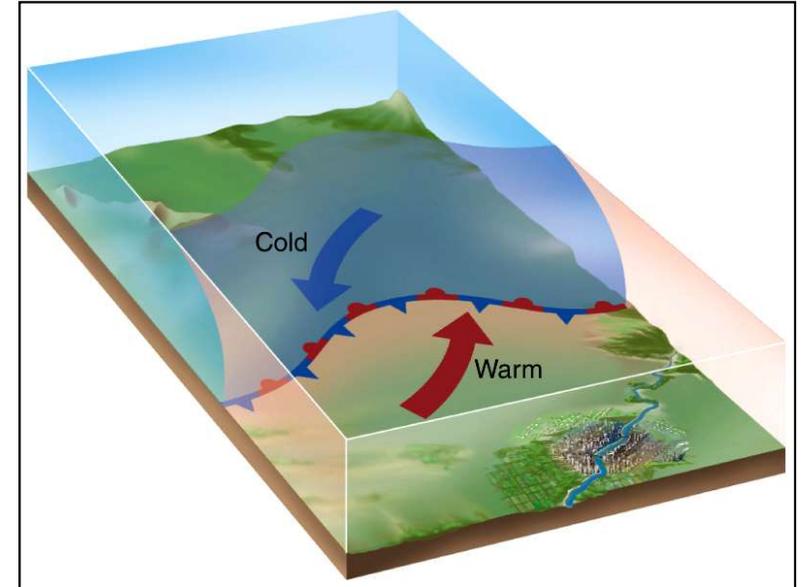
- Situación en las capas altas
 - ✓ Vaguada al NW de una perturbación en superficie → movimientos de ascenso y de descenso.
 - ✓ “Jet streak” (base de la vaguada) favoreciendo las áreas de convergencia al W y divergencia al E.



Características generales

□ Origen

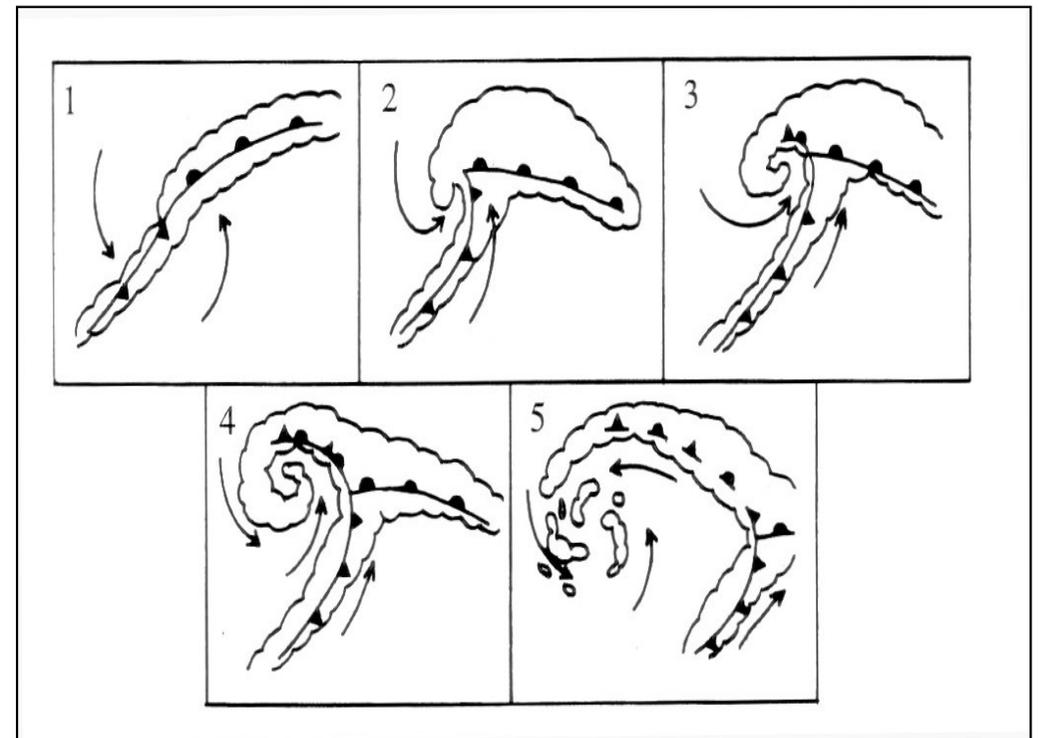
- En superficie: gradiente térmico horizontal (energía potencial disponible)
- Formación de un área de inestabilidad: baja presión.
- Alimentación a través de la liberación de calor latente (nubes y precipitación)
- Intensificación del viento y ahondamiento: conversión de energía potencial en energía cinética



Características generales

□ Evolución.

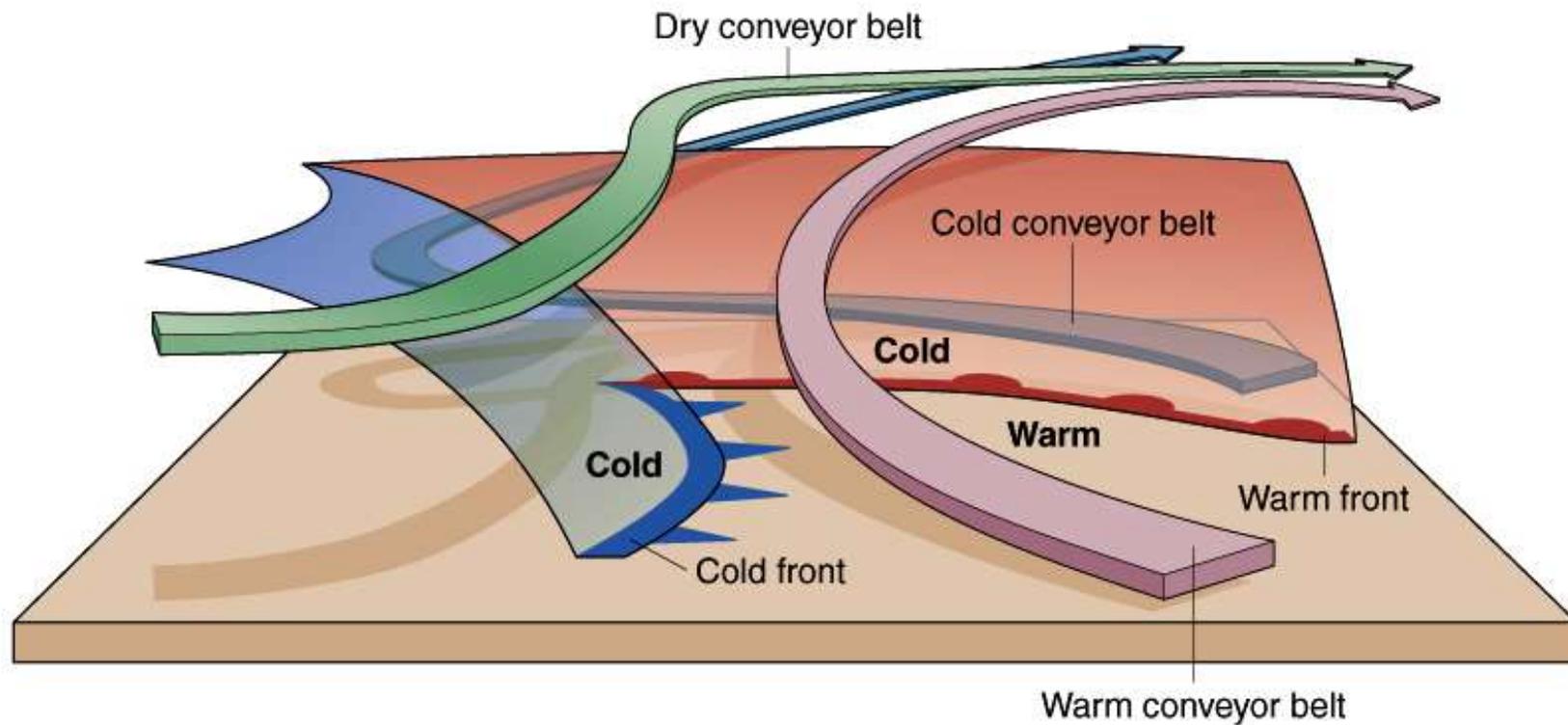
- Desarrollo inicial.
- Perturbación con un sector nuboso asociado al frente cálido muy marcado.
- Segmento ocluido y sector circular o espiralado interior, libre de nubosidad.
- Oclusión avanzada; transformación en unos fragmentos nubosos con lenta circulación ciclónica.



Características generales

□ Estructura.

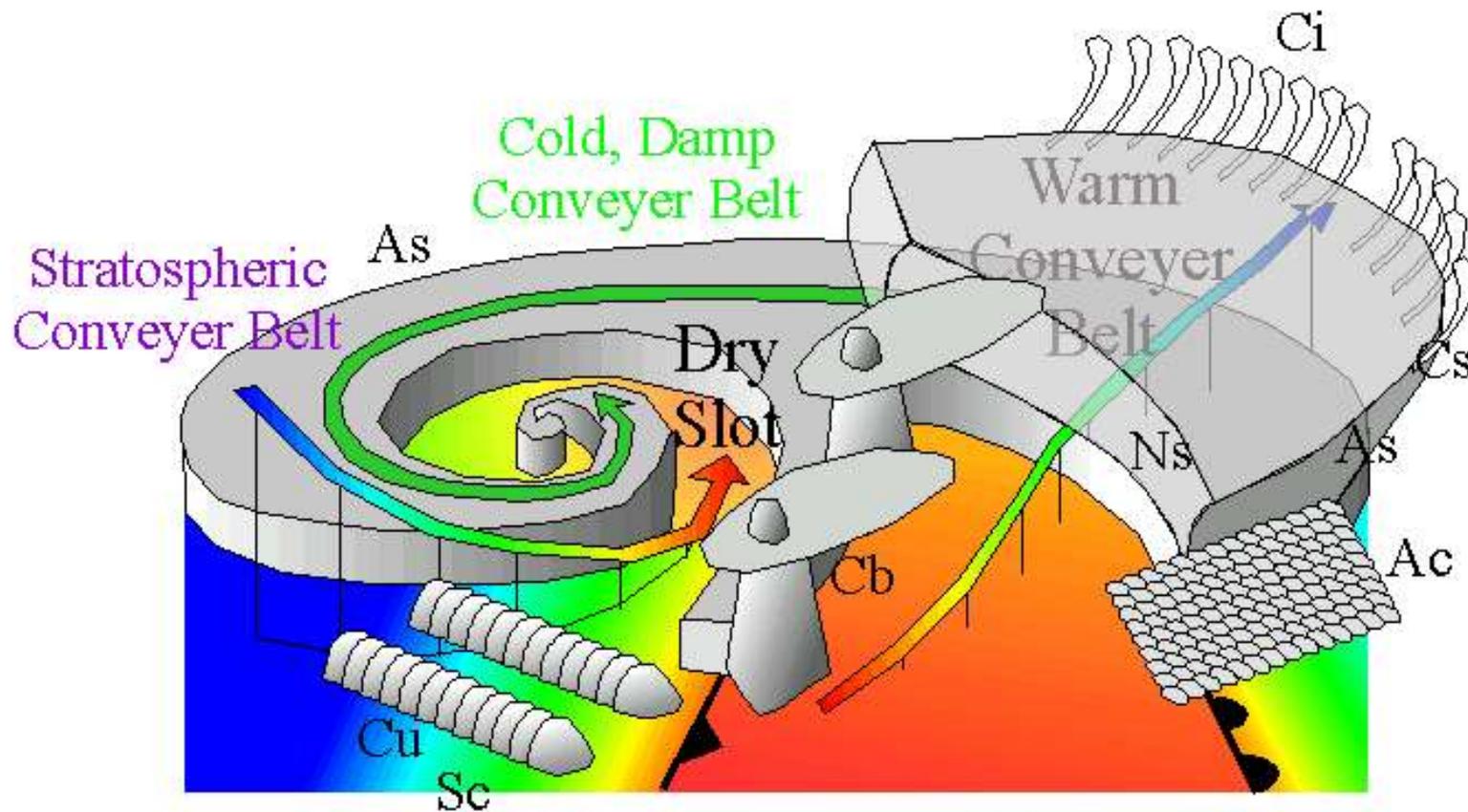
- Banda transportadora



Características generales

□ Estructura.

- Banda transportadora



Impacto climático

□ Borrascas en Europa.

- Trayectoria septentrional → invierno 1989
- Trayectoria meridional → invierno 1996

- Trayectoria perturbaciones

<http://data.giss.nasa.gov/stormtracks/>

- Mapas de anomalías

- <http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>

TEMA 2.2

Ciclogénesis explosiva

Ciclogénesis explosiva

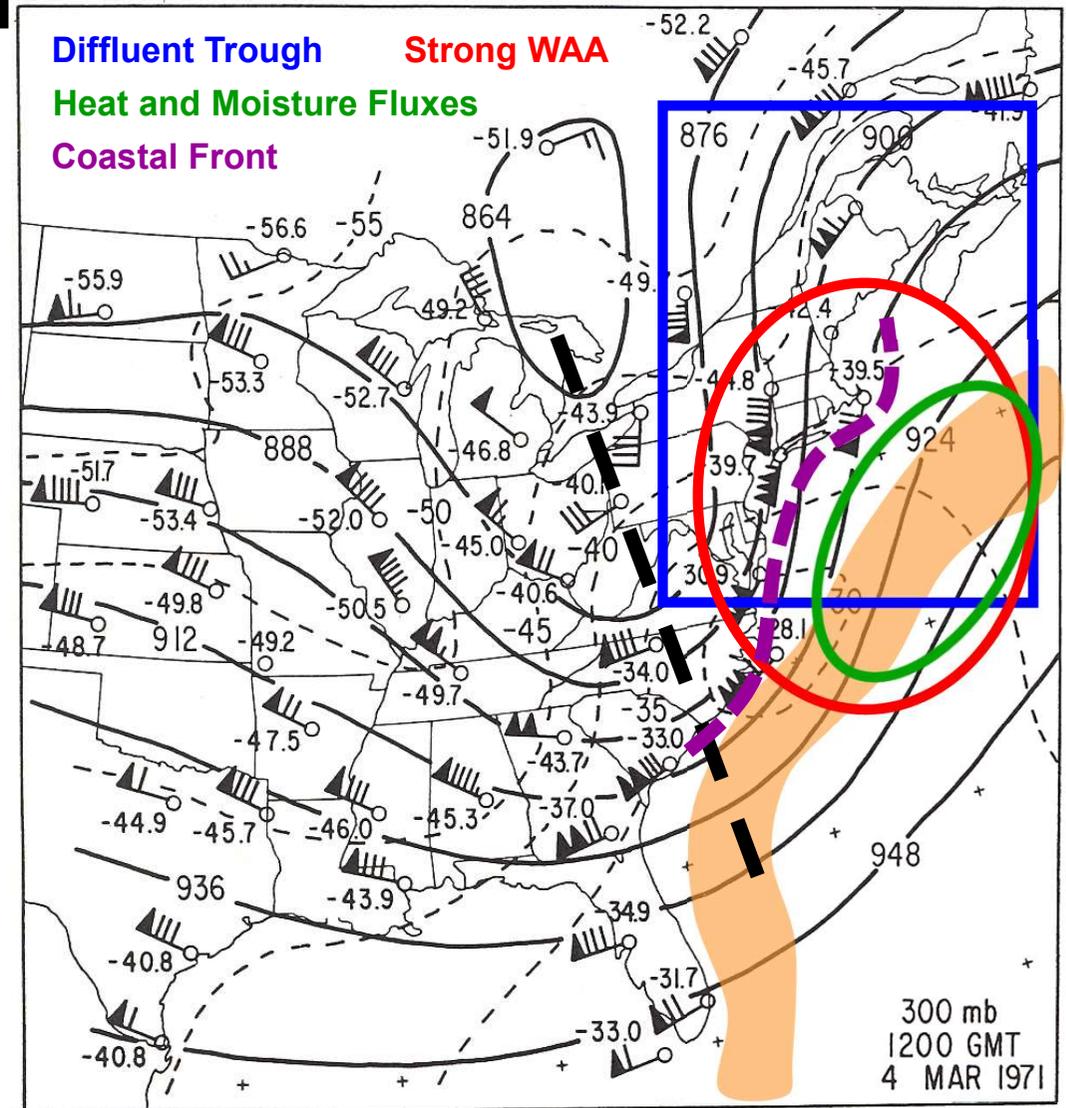
□ Definición.

- Sinónimo “bomba meteorológica”,
- Depresión extratropical que sufre un ahondamiento (descenso de la presión) muy rápido: a 60° latitude $> 24 \text{ hPa}/24 \text{ horas}$ (Sanders y Gyakum, 1980 $\rightarrow 24 \text{ seno } \varphi / \text{seno } 60^\circ \text{ mb}$, donde φ representa la latitud en grados) \rightarrow 1 Bergeron.
- Umbral dependiente de la latitud \rightarrow en latitudes polares equivaldría a $28 \text{ mb}/24 \text{ hours}$, a 25° $12 \text{ mb}/24 \text{ horas}$).
- Aproximadamente 45 ciclones HN y 26 en el HS al año.

Ciclogénesis explosiva

□ Causas.

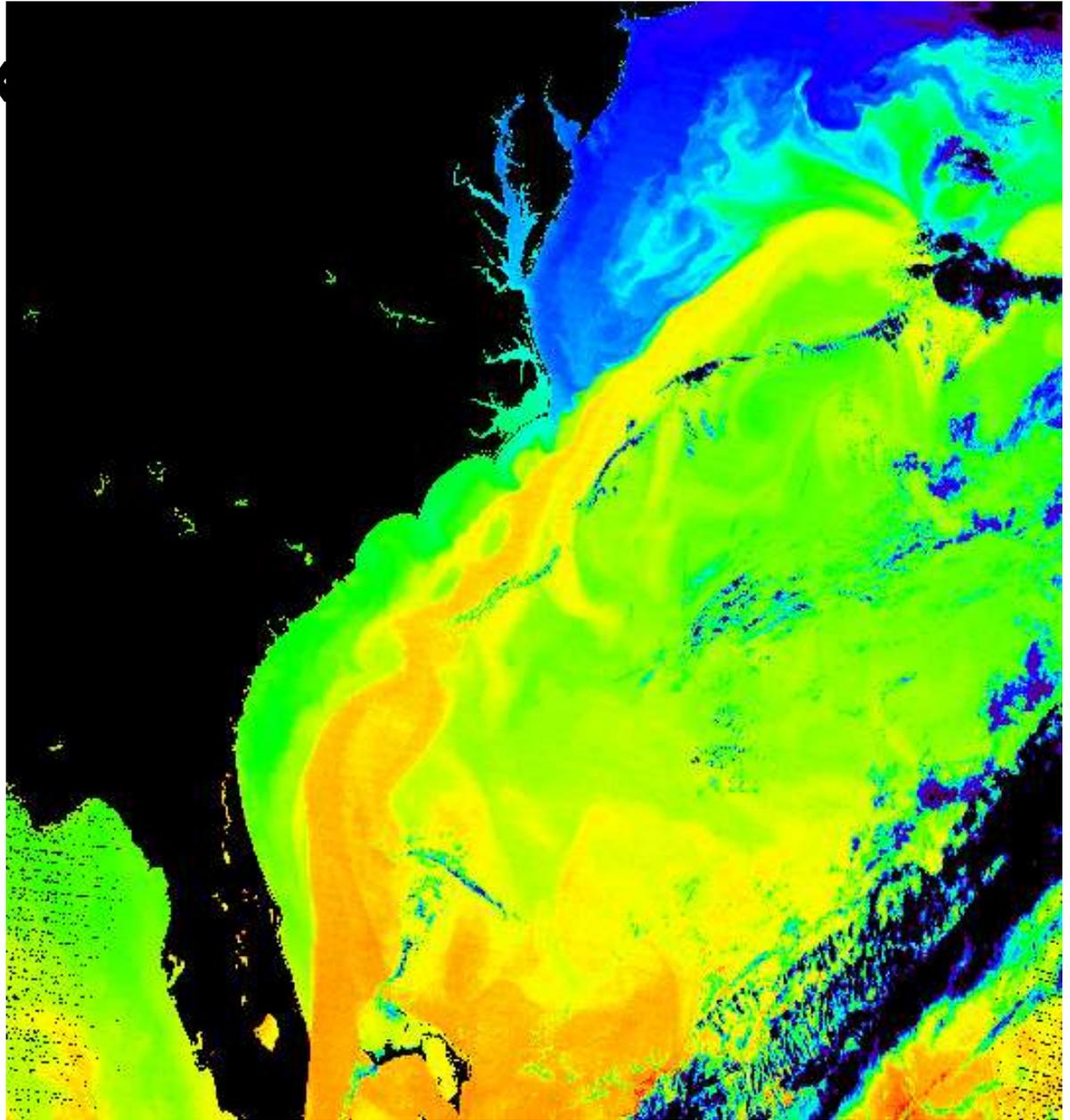
- Combinación de todos los mecanismos
 - ✓ Inestabilidad baroclina.
 - ✓ Factores dinámicos (vaguadas a 500 hPa), jet strikes.
 - ✓ Interacciones entre el mar y la atmósfera, a través de la liberación de calor latente.

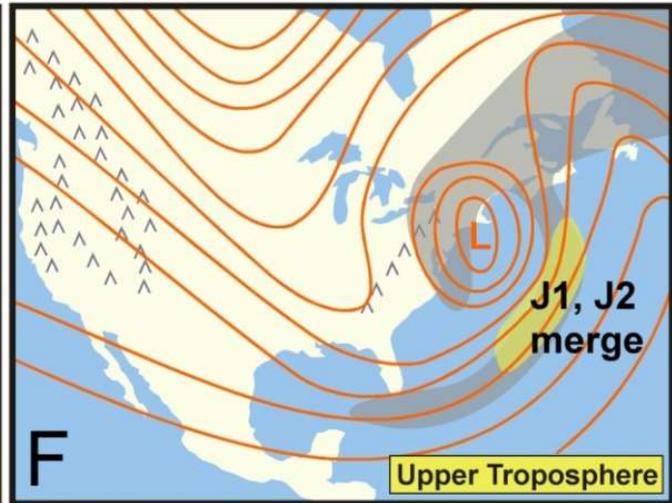
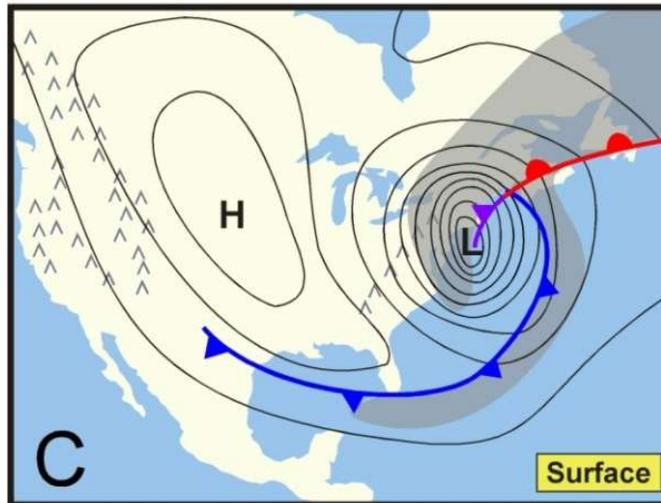
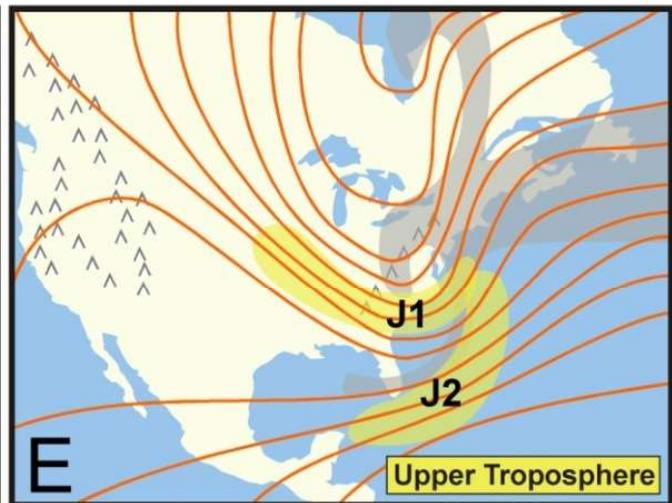
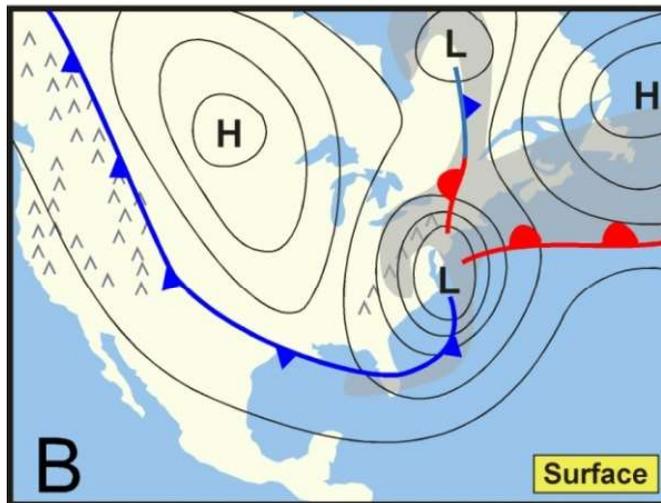
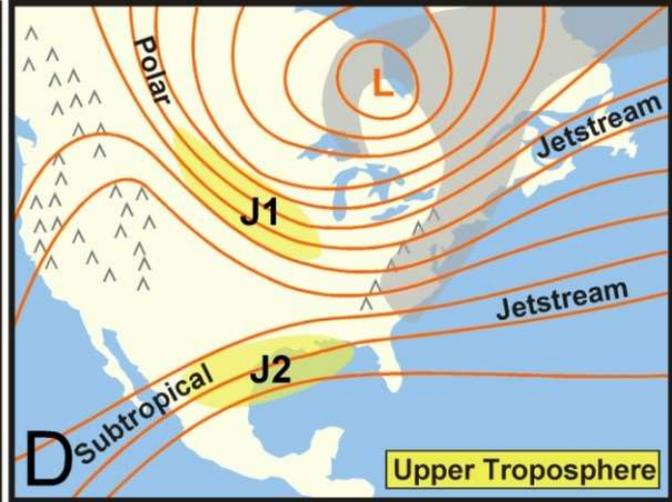
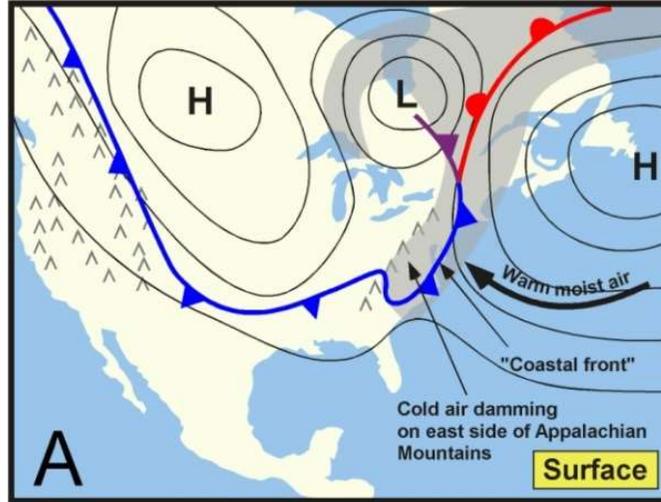


From Bluestein (1993)

Ciclogénesis ex

- Áreas preferentes.

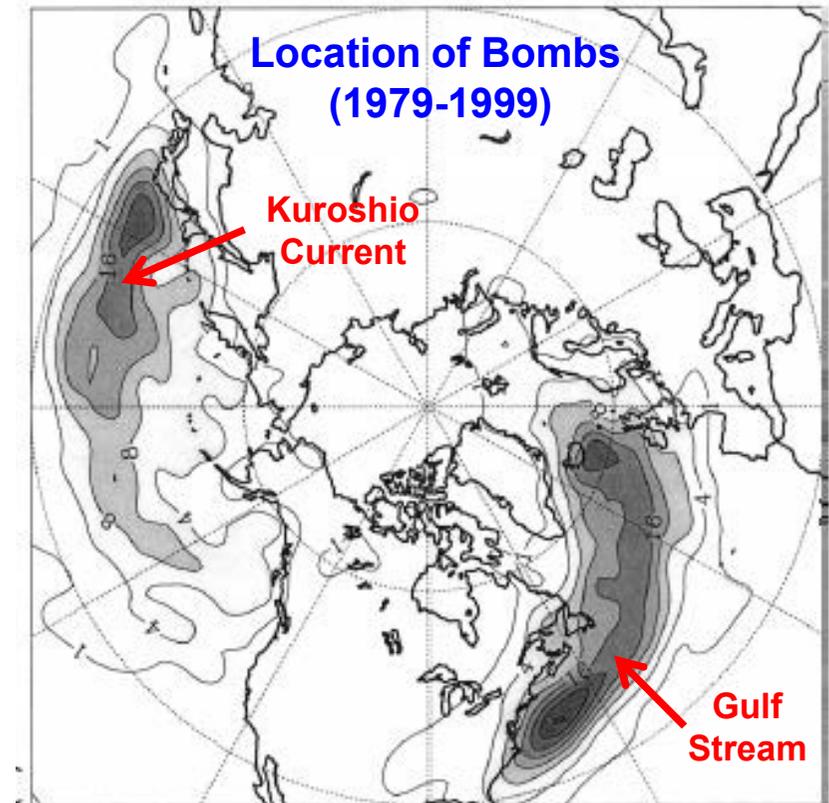




Ciclogénesis explosiva

□ Áreas preferentes.

- Habitual en zonas marítimas en invierno, aunque existe constancia de alguno en zonas continentales.
 - ✓ Hemisferio N: sobre o en las proximidades (al N) de las corrientes del Golfo y de Kuroshivo
 - ✓ Hemisferio S: costa oriental de Australia, en las proximidades de la corriente oriental de Australia



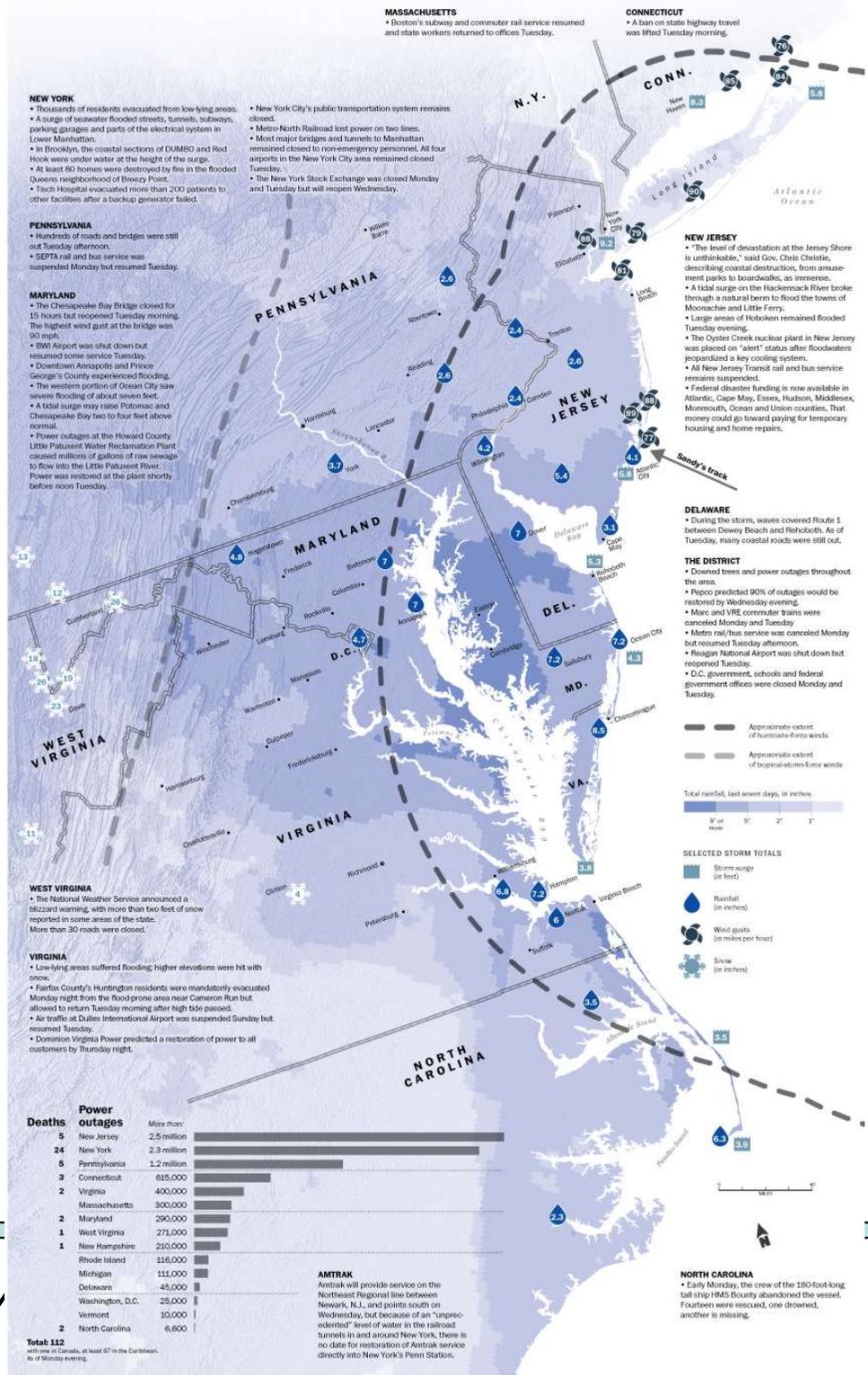
Ciclogénesis explosiva

□ Áreas preferentes.

- Movimiento: las formadas en el HS más allá del paralelo 50°S suelen adoptar una trayectoria hacia el Ecuador, en contraste con el movimiento hacia los polos.
- En el HS la estacionalidad de este fenómeno es menos marcada.

Ciclogénesis explosiva

Efectos.



TIEMPOS Y

Taller

Ciclogénesis explosiva

□ N'Easterns Boston.

Parámetros climáticos promedio de Boston (Aeropuerto Logan, 1971-2000)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima absoluta (°C)	22.2	21.1	31.7	34.4	36.1	37.8	40	38.9	38.9	32.2	28.3	24.4	40
Temperatura máxima media (°C)	2.5	3.7	7.9	13.4	19.3	24.8	27.9	26.7	22.5	16.6	11	5.4	15.2
Temperatura mínima media (°C)	-5.5	-4.3	-0.3	4.7	10.1	15.2	18.6	18.1	13.8	8	3.3	-2.3	6.6
Temperatura mínima absoluta (°C)	-25	-27.8	-22.2	-10.6	-0.6	5	10	7.8	1.1	-3.9	-18.9	-27.2	-27.8
Precipitación total (mm)	99.6	83.8	97.8	91.4	82.3	81.8	77.7	85.6	88.1	96.3	101.1	94.7	1080.3
Nevadas (cm)	33.8	28.7	20.3	2.8	0	0	0	0	0	0	3.6	17	106.2
Días de precipitaciones (≥ 1 mm)	11.7	10.0	12.0	11.0	11.8	10.4	9.3	9.8	9.0	8.9	10.2	12.0	126.1
Días de nevadas (≥ 1 mm)	6.4	5.6	4.1	.7	0	0	0	0	0	0	1.1	4.6	22.5
Horas de sol	164.3	169.5	213.9	228.0	266.6	288.0	300.7	275.9	237.0	207.7	144.0	142.6	2638.2

Impacto climático

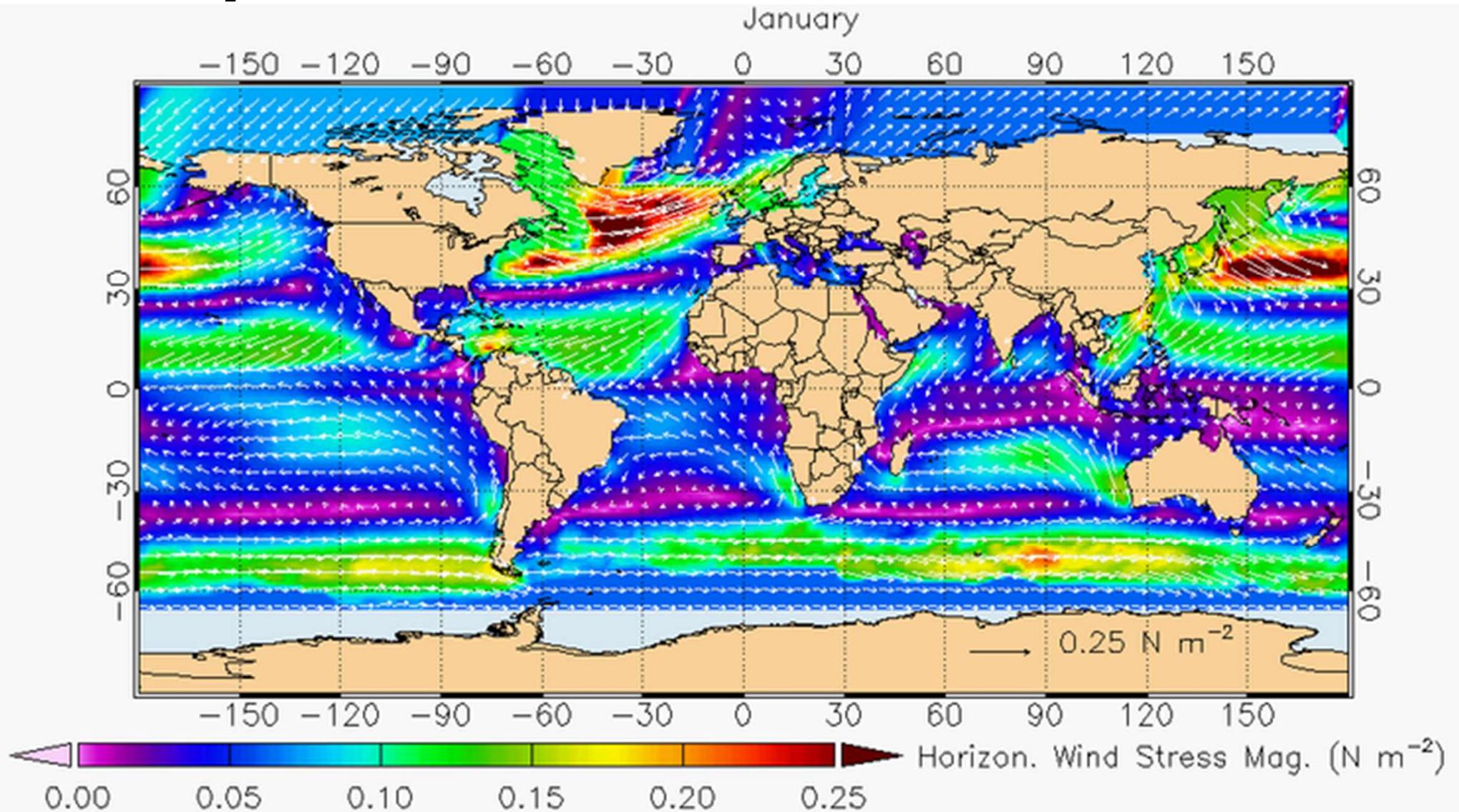
□ N'easterns Boston

- Año de máxima acumulación de nieve 260 cm → invierno 1995-1996
- Año de mínima acumulación de nieve 33 cm → invierno 1994-1995
- Trayectoria perturbaciones
<http://data.giss.nasa.gov/stormtracks/>
- Mapas de anomalías
- <http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>

TEMA 2.3

Temporales de viento

Temporales de viento

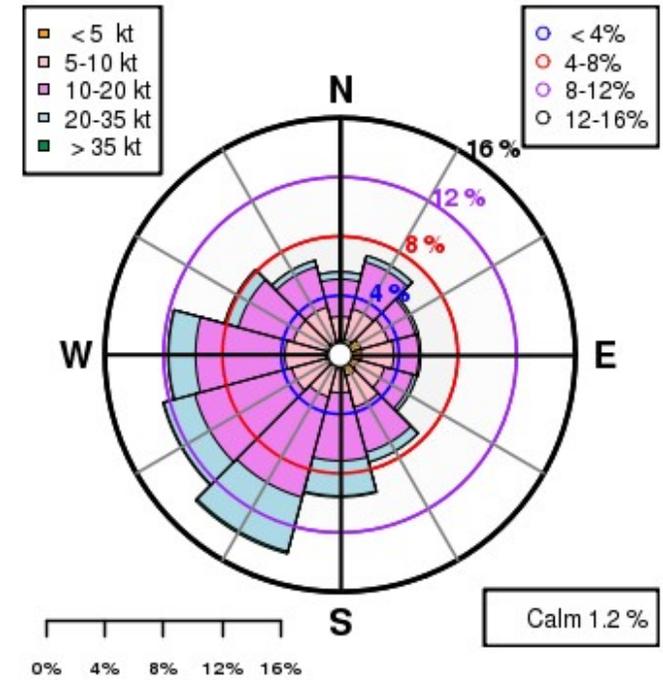


Temporales de viento

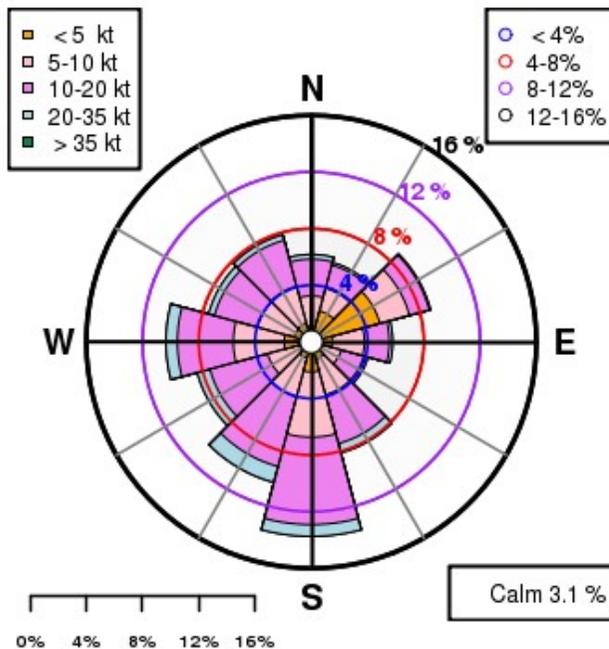
□ ¿Dónde?

- Costa W de los

Windrose Belmullet 1957 - 2010



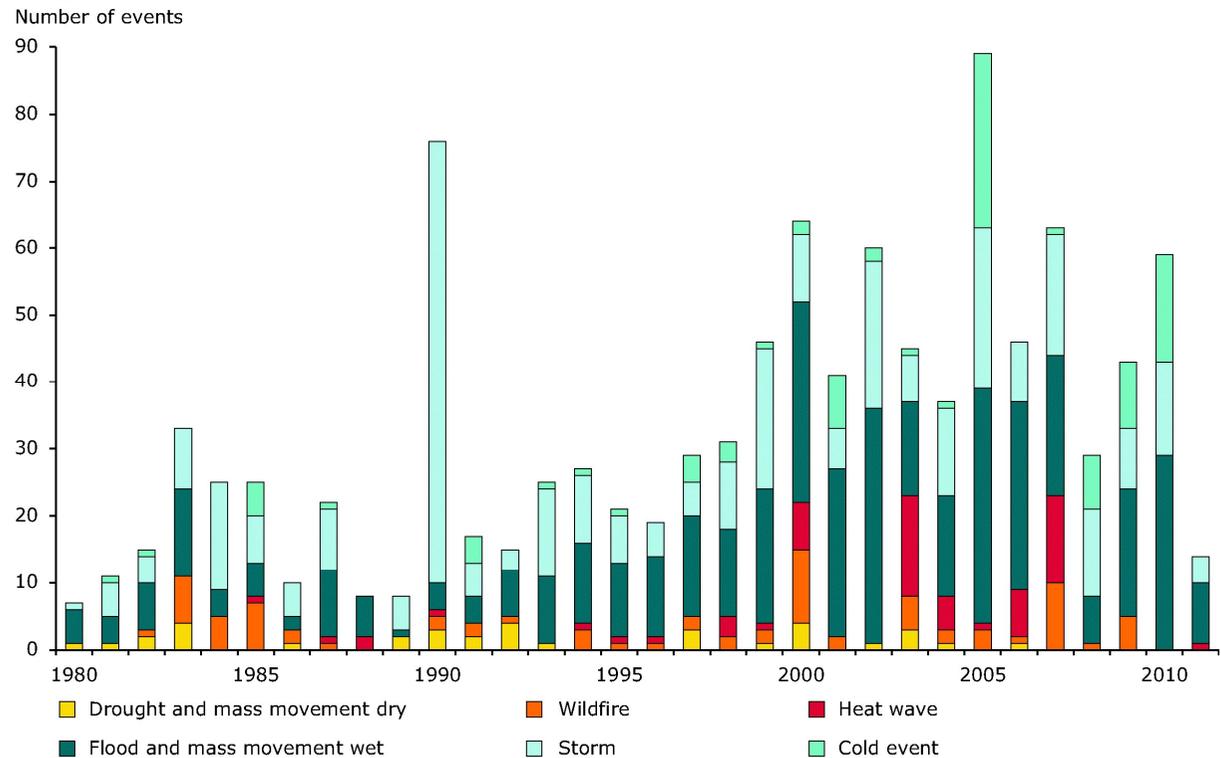
Windrose Valentia 1940 - 2010



Temporales de viento

□ Importancia

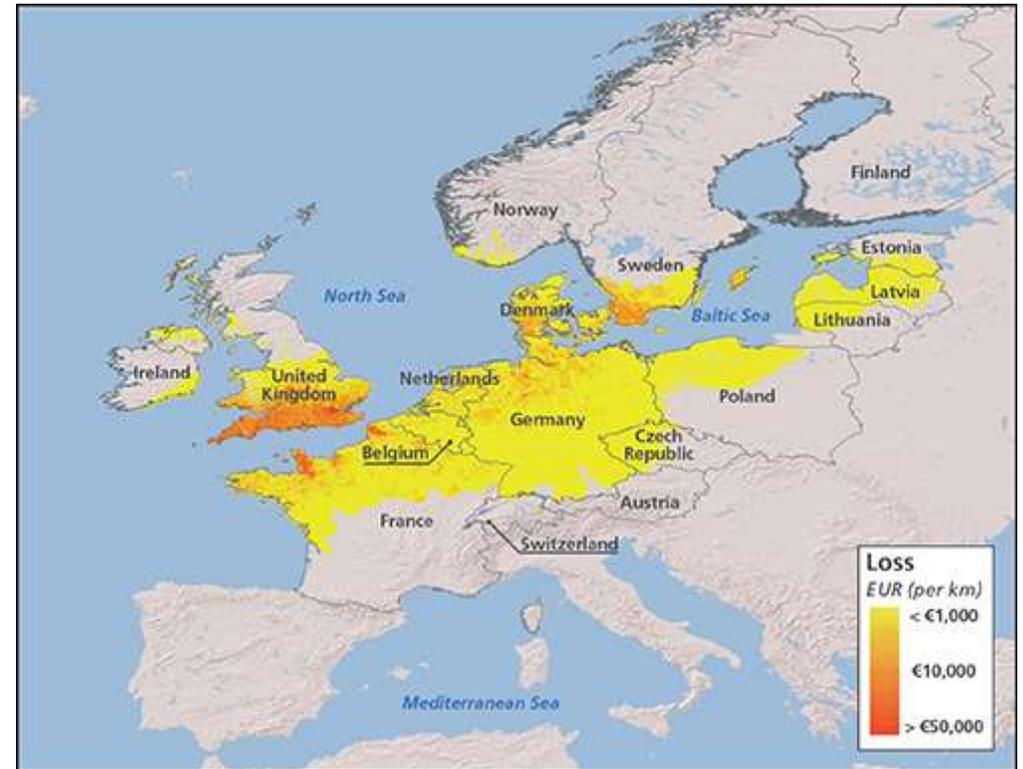
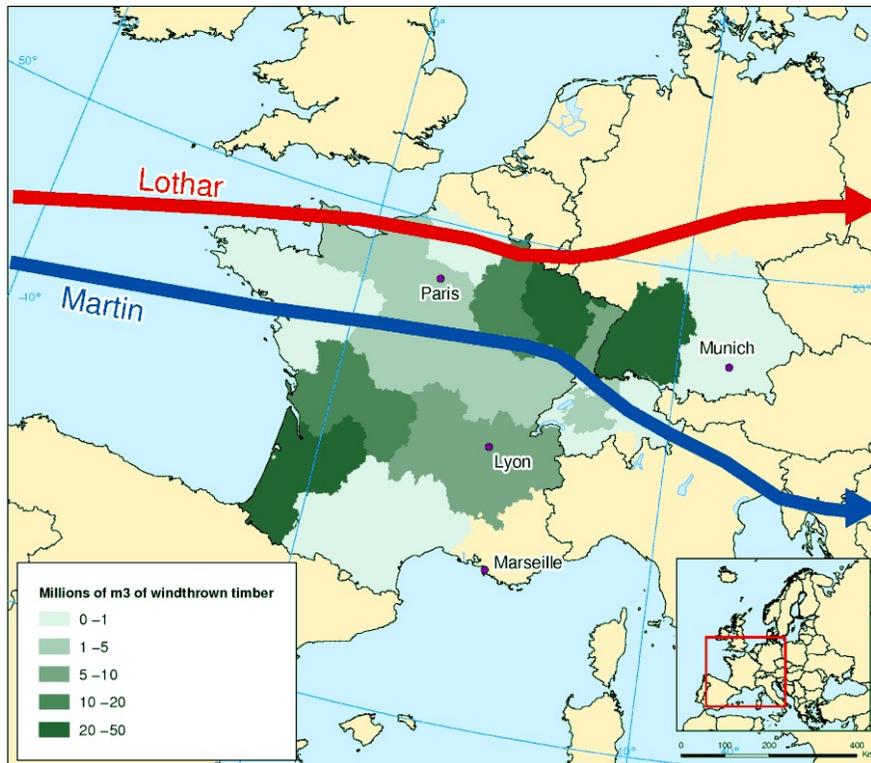
- Uno de los fenómenos atmosféricos más comunes en Europa → alta recurrencia



Temporales de viento

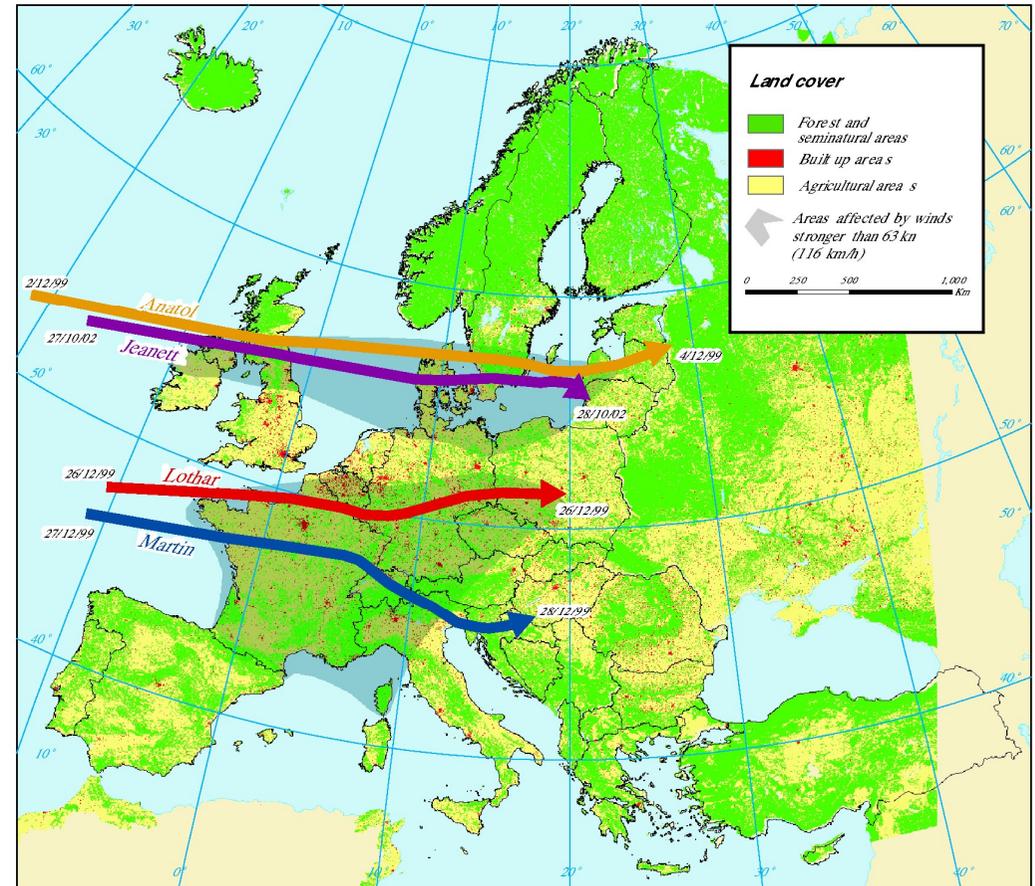
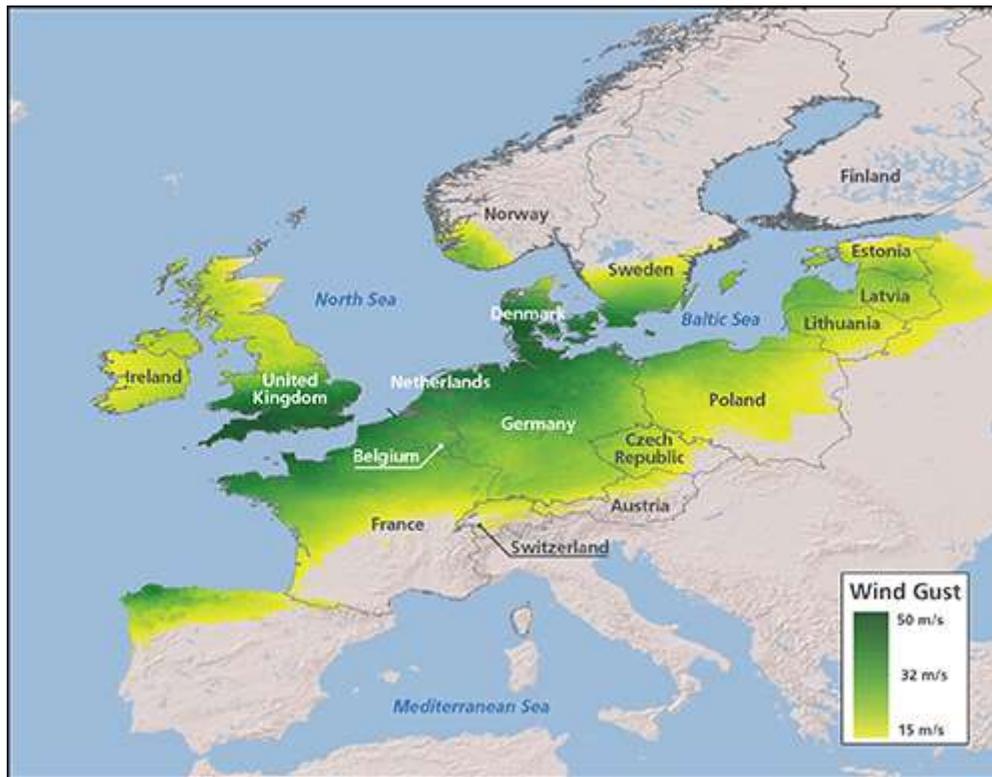
□ Importancia

- Elevada vulnerabilidad



Temporales de viento

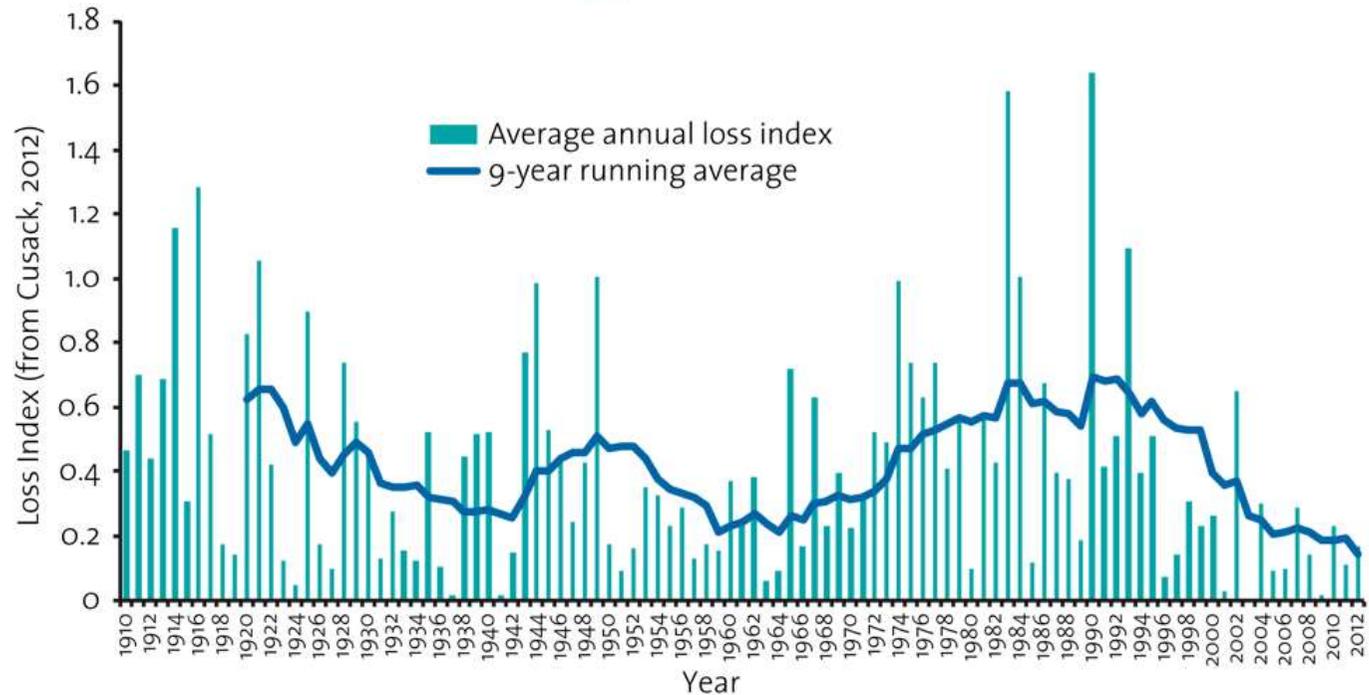
□ Localización espacial



Temporales de viento

□ Evolución temporal

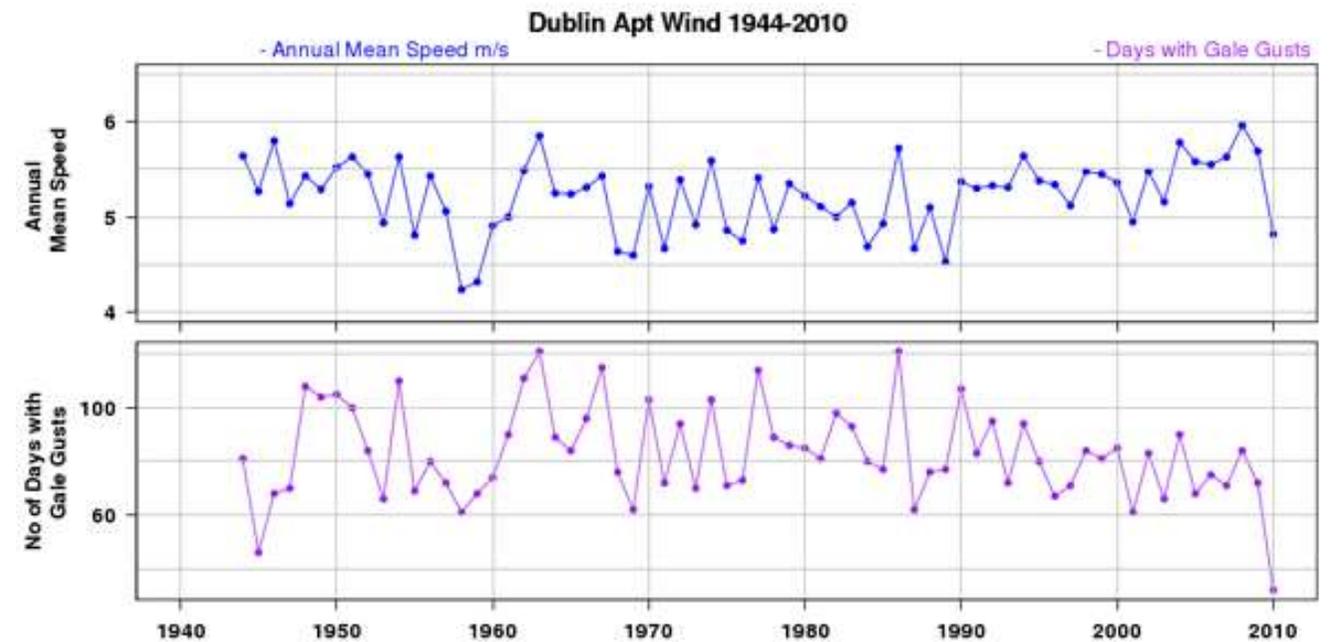
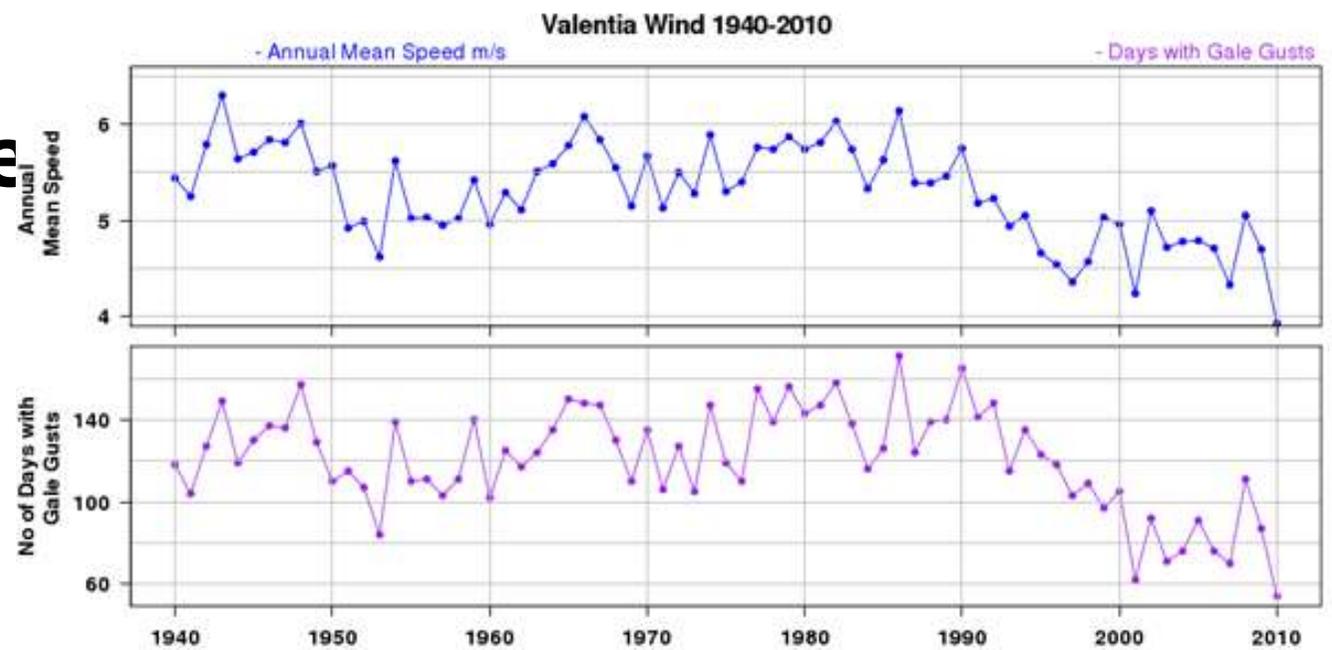
Netherlands windstorm variability



Source: RMS study of windstorm variability in the Netherlands; Cusack S. (2013): A 101-year record of windstorms in the Netherlands. Climatic Change 116, 693-704

Temporales de

□ Evolución temporal



Temporales de viento

□ Catálogo de temporales

- <http://www.europeanwindstorms.org/cgi-bin/storms/storms.cgi>
- <http://www.met.reading.ac.uk/~extws/expl/>

What are XWS? - Windows Internet Explorer

http://www.met.reading.ac.uk/~extws/expl/

File Edit View Favorites Tools Help

Favorites

Formulario para g... NCEP-DOE AMIP-1... Radio en Directo... Klimadiagramme... Resultados de la... What are XWS? x W European windsto... Sea-level variatio...

 *Extreme Wind Storms Catalogue*

XWS Catalogue

- What are XWS?
- Methodology
- Database
- Data repository
- The team
- References

What are extreme wind storms?

In this catalogue we focus on windstorms which have hit Europe. Most of the damaging windstorms in Europe are extra-tropical cyclones: synoptic-scale (~1000 km) low pressure systems, which grow from unstable frontal waves (Eady 1949, Shapiro & Keyser 1990). In order for these systems to grow, a strong north-south temperature gradient is needed, and a strongly [baroclinic atmosphere](#). During the months October to March the North Atlantic Ocean satisfies these conditions, allowing extra-tropical cyclones to form (cyclogenesis) which travel eastwards towards Europe.

The path that these storms follow (storm track) tends to curve northwards (Hoskins & Hodges 2002), and so Iceland and northern European countries (e.g. the Faroe Islands, Ireland, the UK, and Scandinavia) are frequently hit. However, occasionally the storms can travel further southwards, for example when the jet stream is in a more southerly position (e.g. Liberato et al., 2013), affecting countries such as France, Portugal, and Spain.

High winds in Europe can also be a result of convective storms (the most severe of which are tornadoes) and cyclones formed in the Mediterranean basin (medicanes). However, these types of windstorm tend to be on a smaller scale and are not well captured by re-analysis data, so are not considered in this version of the catalogue.

Organisations involved

- Met Office
- UNIVERSITY OF EXETER
- University of Reading
- National Centre for Atmospheric Science

Disclaimer: The organisations involved give no warranty as to the quality or accuracy of the information on this website or its suitability for any use. Your use of information provided by this website is at your own risk.

Contact us © University of Reading

Temporales de viento

□ Catálogo de temporales

- <http://www.europeanwindstorms.org/cgi-bin/storms/storms.cgi>
- Klaus 24 enero 2009
- Xynthia 28 Febrero 2010

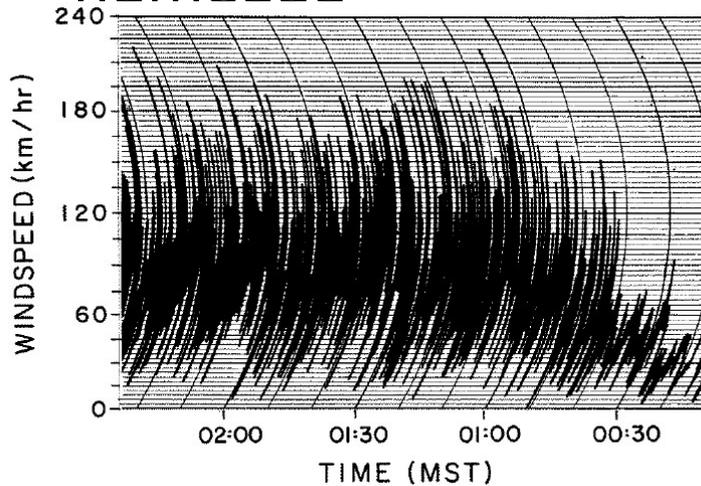
TEMA 2.4

Downslope windstorms

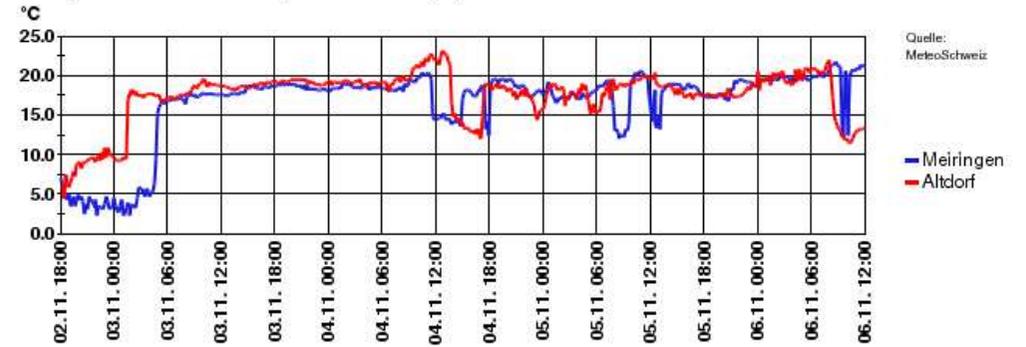
Downslope windsto

□ Definición

- Episodios de vientos muy intensos, acompañados de variaciones bruscas de la temperatura y de la humedad



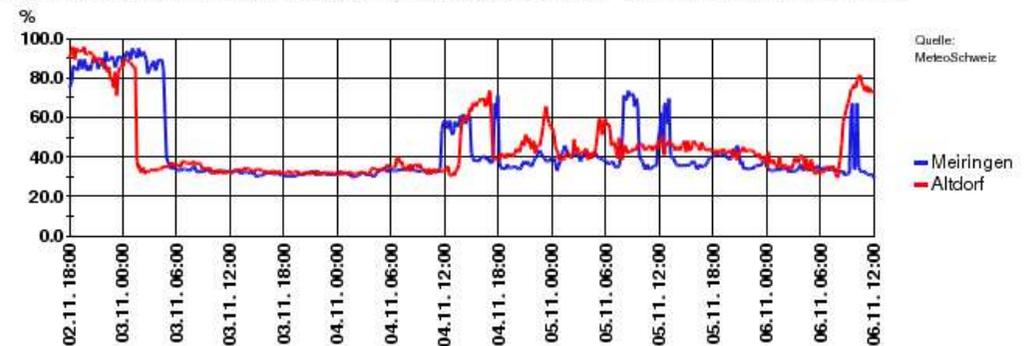
Lufttemperatur 2 m über Boden; Momentanwert [°C] 02.11.2011 18:00 UTC - 06.11.2011 12:00 UTC



Quelle:
MeteoSchweiz

— Meiringen
— Altdorf

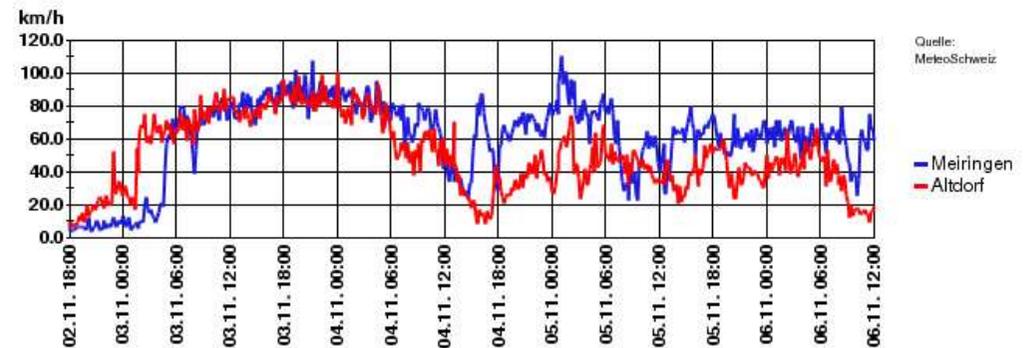
Relative Luftfeuchtigkeit 2 m über Boden; Momentanwert [%] 02.11.2011 18:00 UTC - 06.11.2011 12:00 UTC



Quelle:
MeteoSchweiz

— Meiringen
— Altdorf

Böenspitze (Sekundenböe); Maximum [km/h] 02.11.2011 18:00 UTC - 06.11.2011 12:00 UTC



Quelle:
MeteoSchweiz

— Meiringen
— Altdorf

Downslope windstorms

□ Definición

-

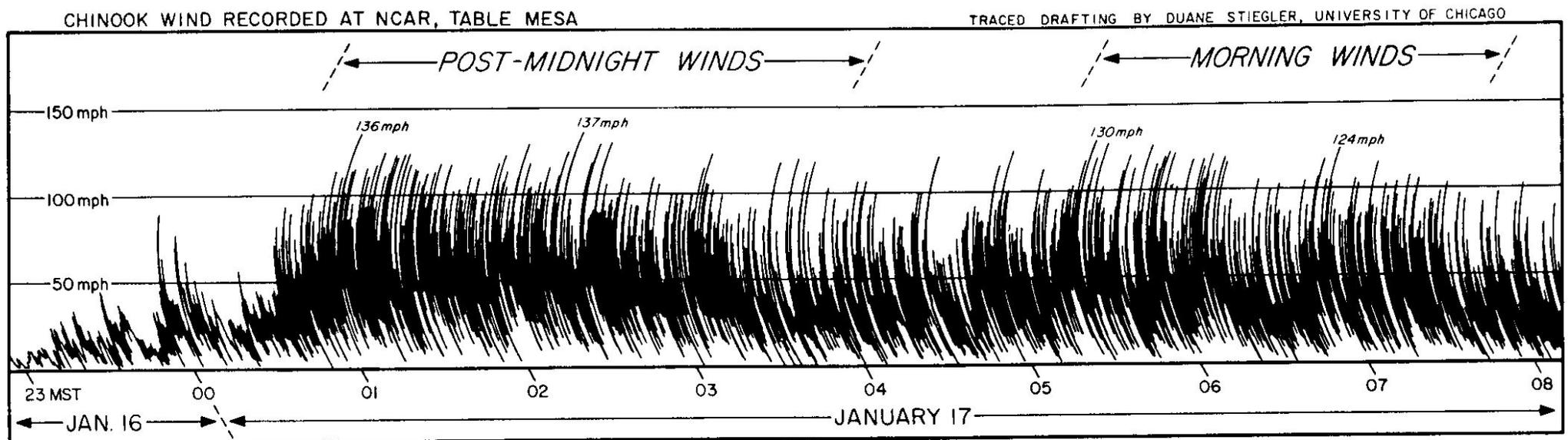
http://www.youtube.com/watch?v=XH_M4jItiKw&list=PL11ED46201F187C60

<http://www.youtube.com/watch?v= 3lswvMOfiw>

Downslope windstorms

□ Definición

- Además de su violencia (velocidades huracanadas), el viento sopla en ráfagas, variando la velocidad en pocos instantes

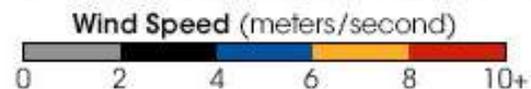
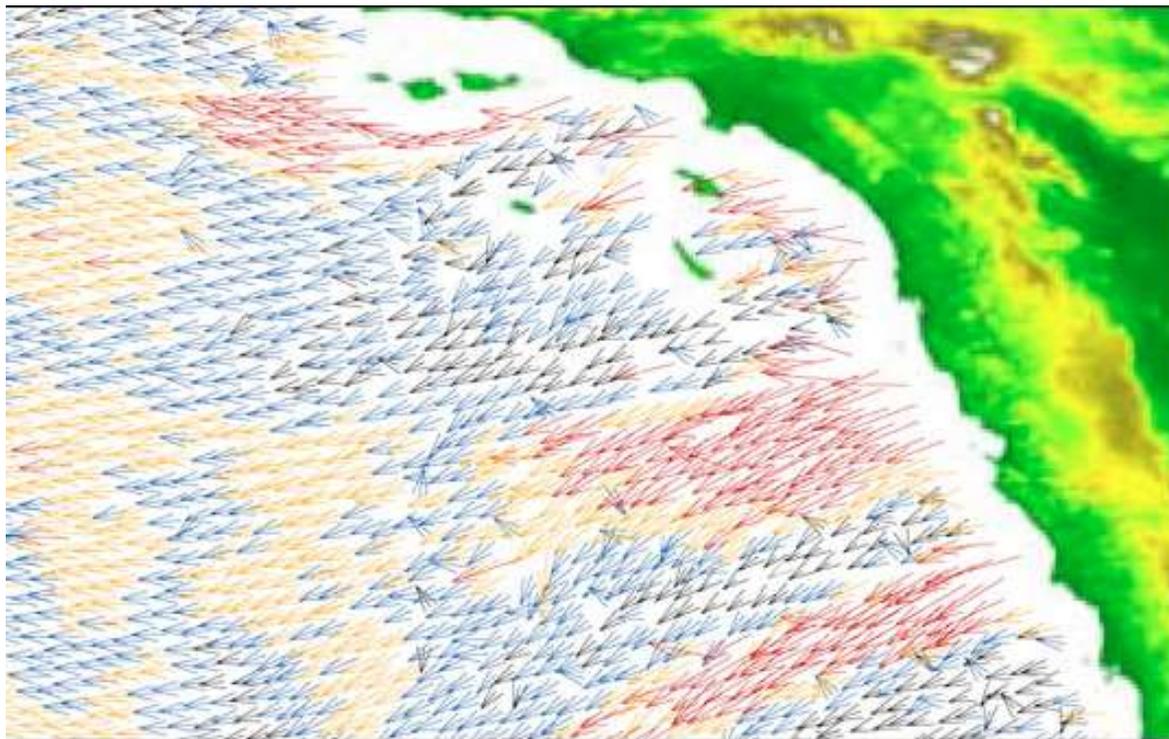


Courtesy of NOAA and NCAR

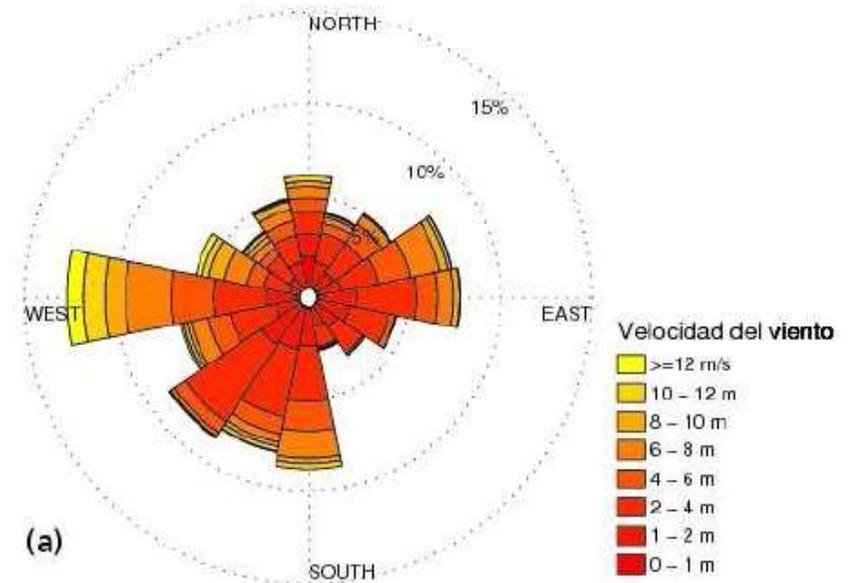
Downslope windstorms

□ Definición

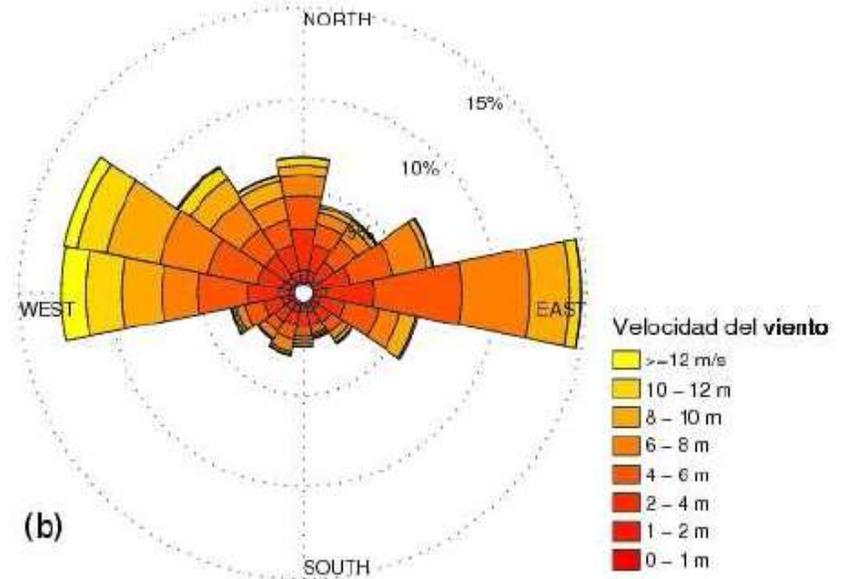
- Afectan a zonas muy concretas: piedemonte, sotavento de las montañas



Rosa de Vientos. Año 2008. AEMET



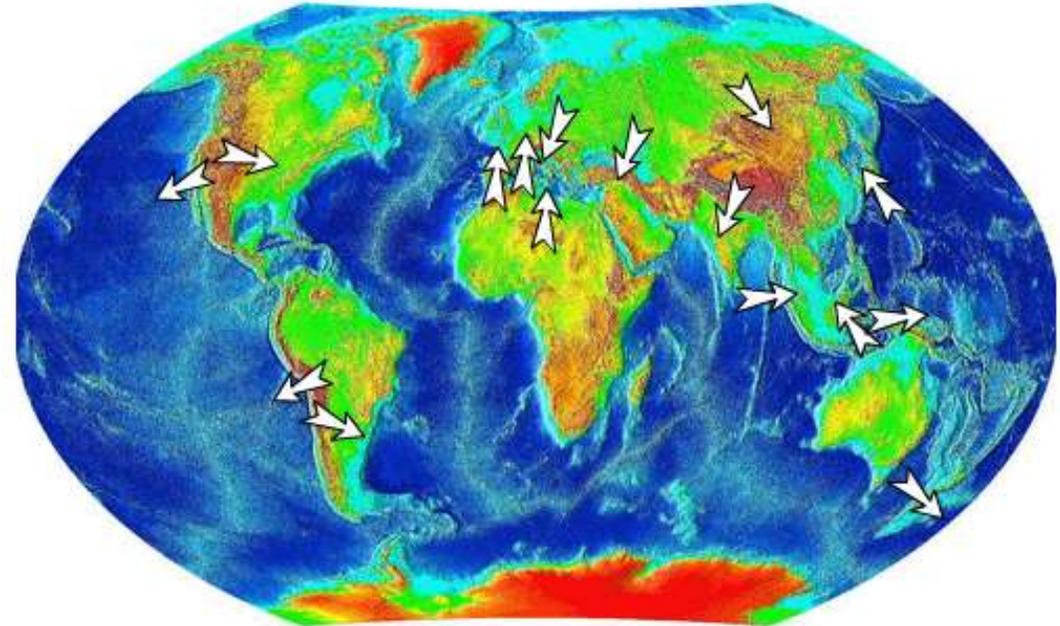
Rosa de Vientos. Año 2008. Boya AGL



Downslope windstorms

□ ¿Dónde?

- **Foehn** – Alpes
- **Chinook** – Rocosas
- **Santa Ana** – California
- **Bora** – Adriatico

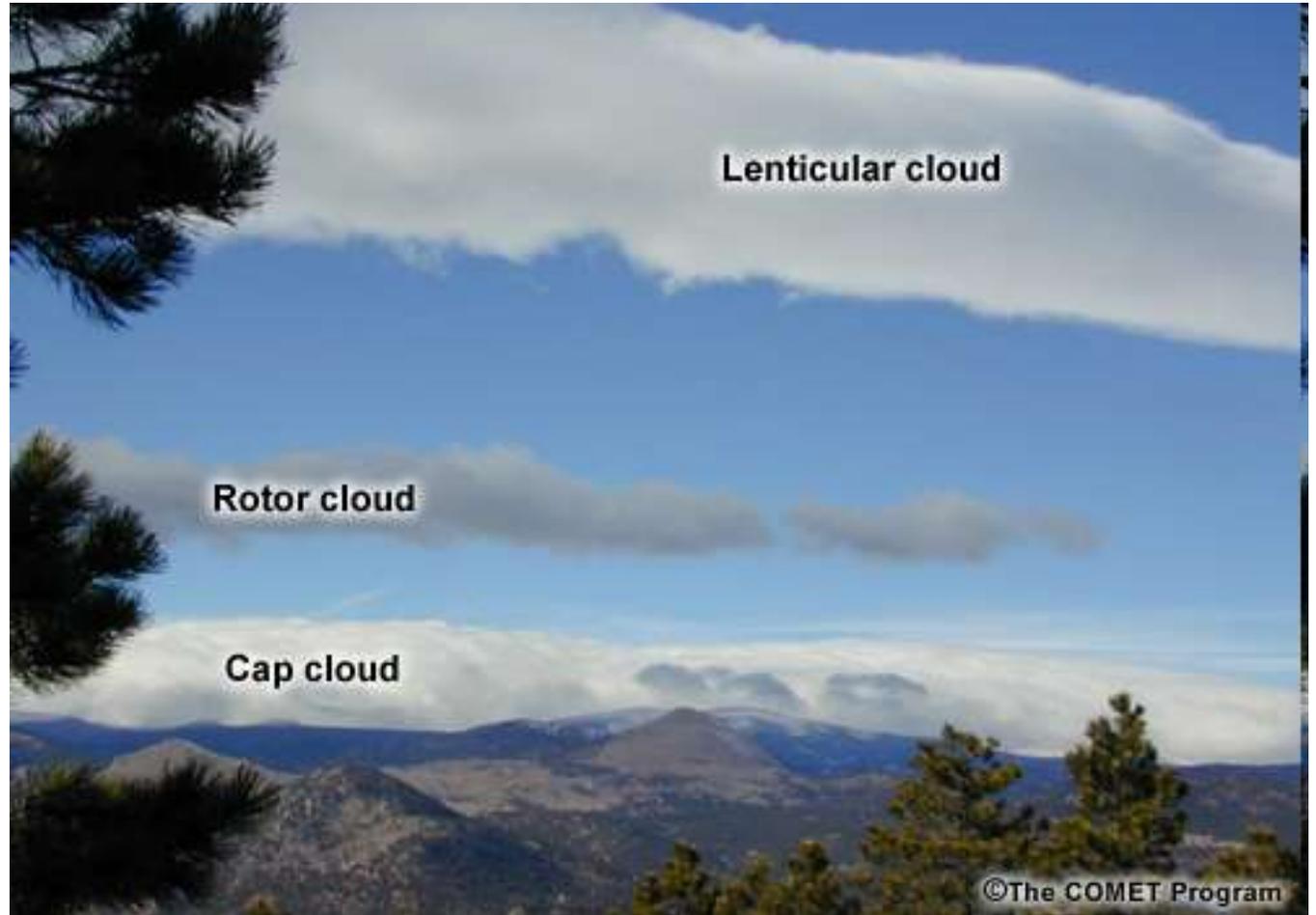


NOAA/NGDC

Downslope windstorms

□ Otras características

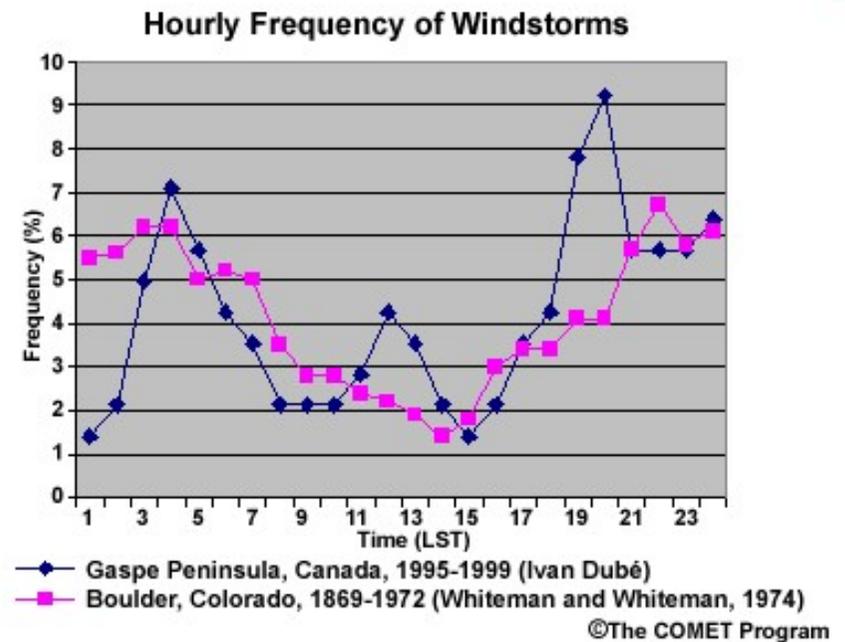
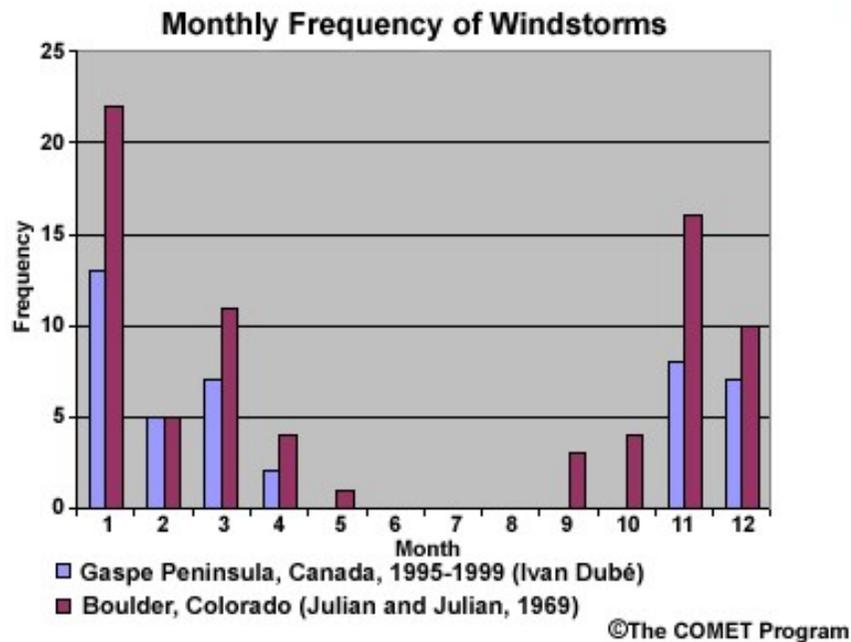
- Nubosidad típica



Downslope windstorms

□ Estacionalidad

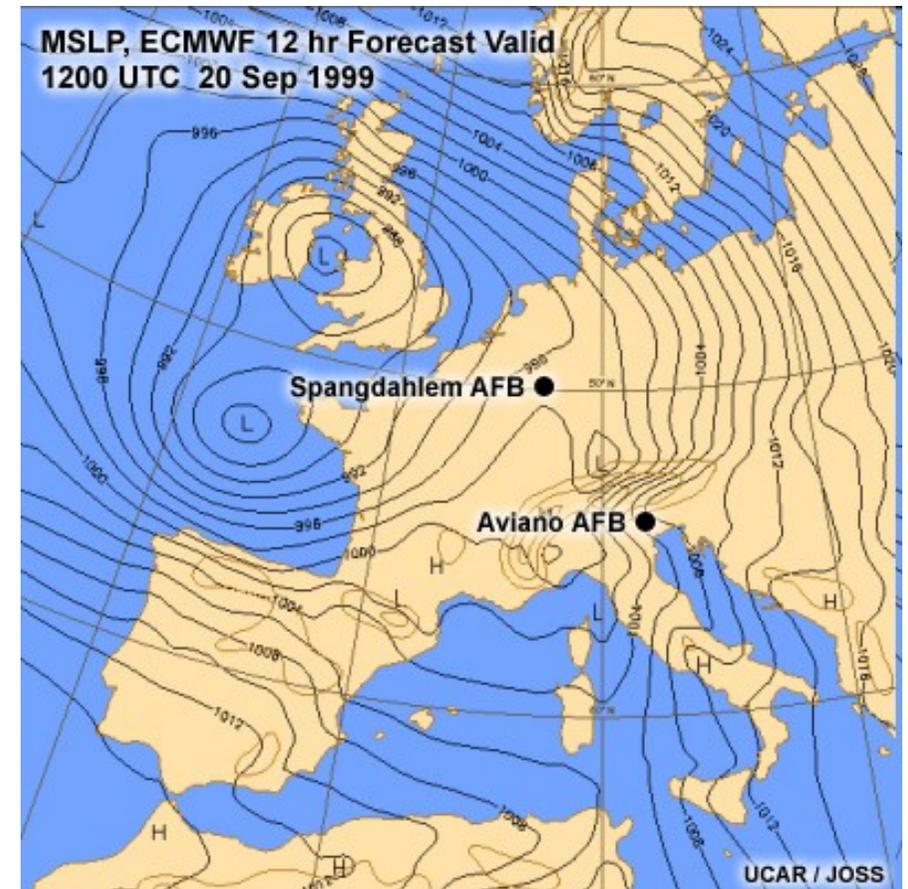
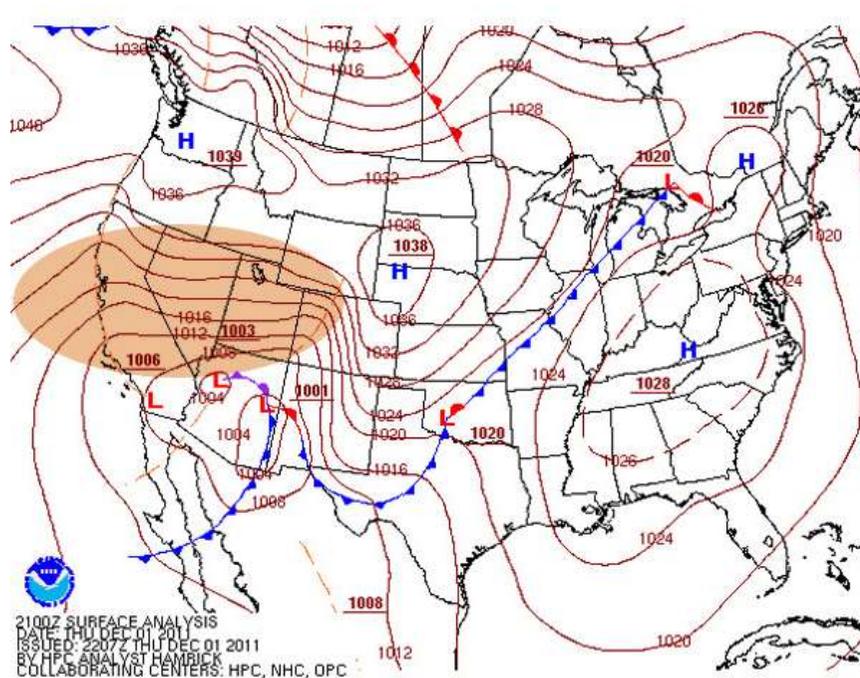
- Sobre todo invernal
- Soplan a cualquier hora, en algunos casos preferentemente por la noche



Downslope windstorms

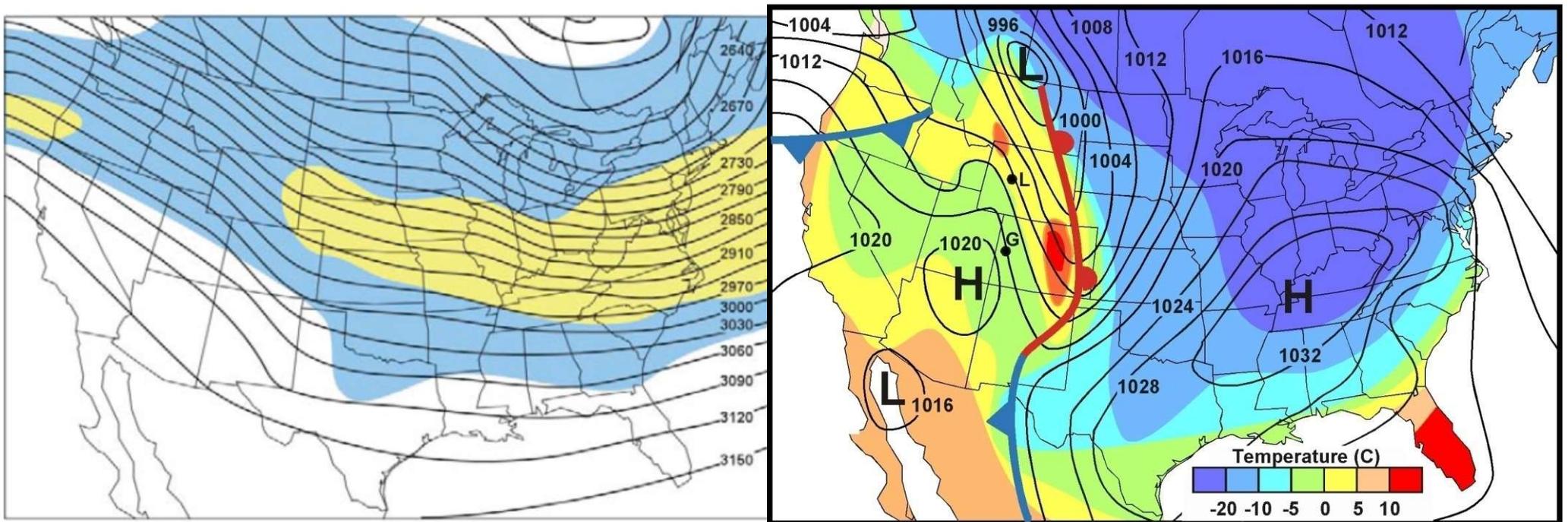
□ Origen

- Gradiente de presión entre ambas vertientes



Downslope windstorms

□ Origen



©Kendall/Hunt Publishing

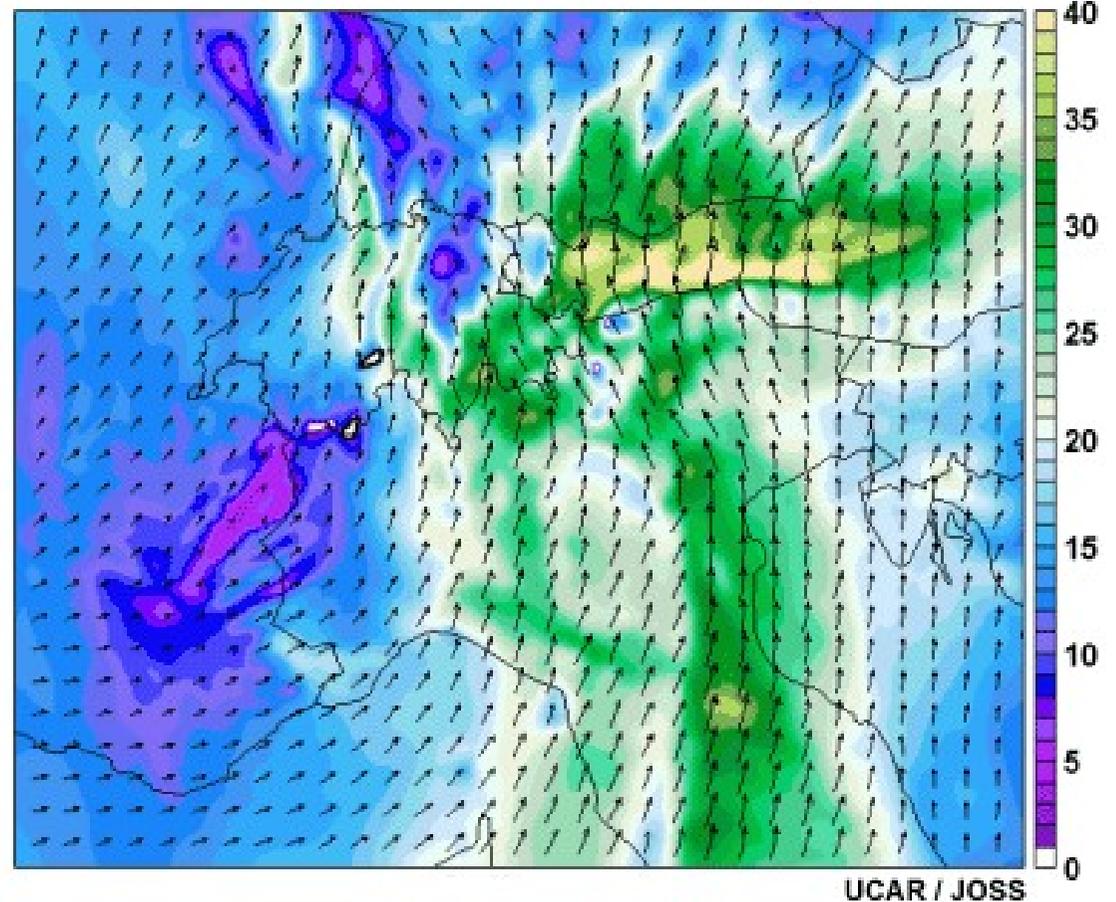
Downslope windstorms

□ Origen

- Vientos fuertes (no siempre) sobre la montaña

Winds at 700 hPa (m/s)

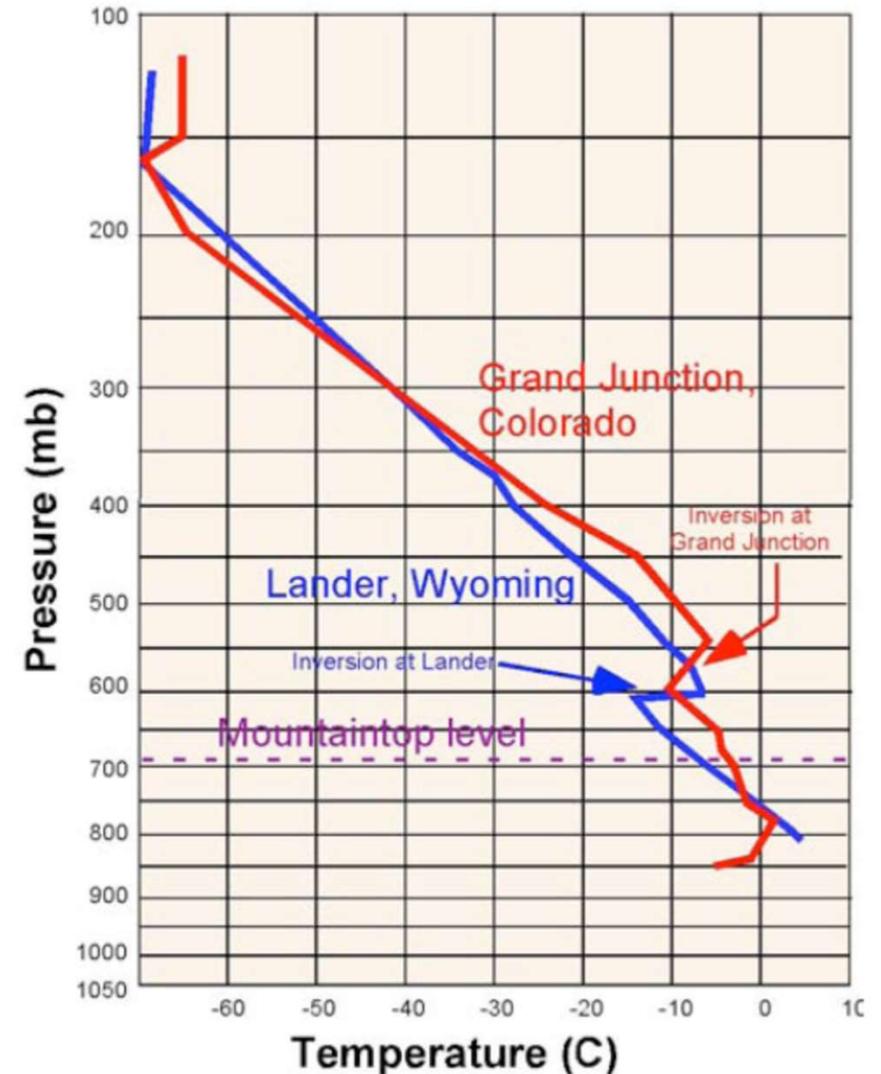
MC2 15 hr Forecast Valid 1200 UTC 20 Sep 1999



Downslope windstorms

□ Origen

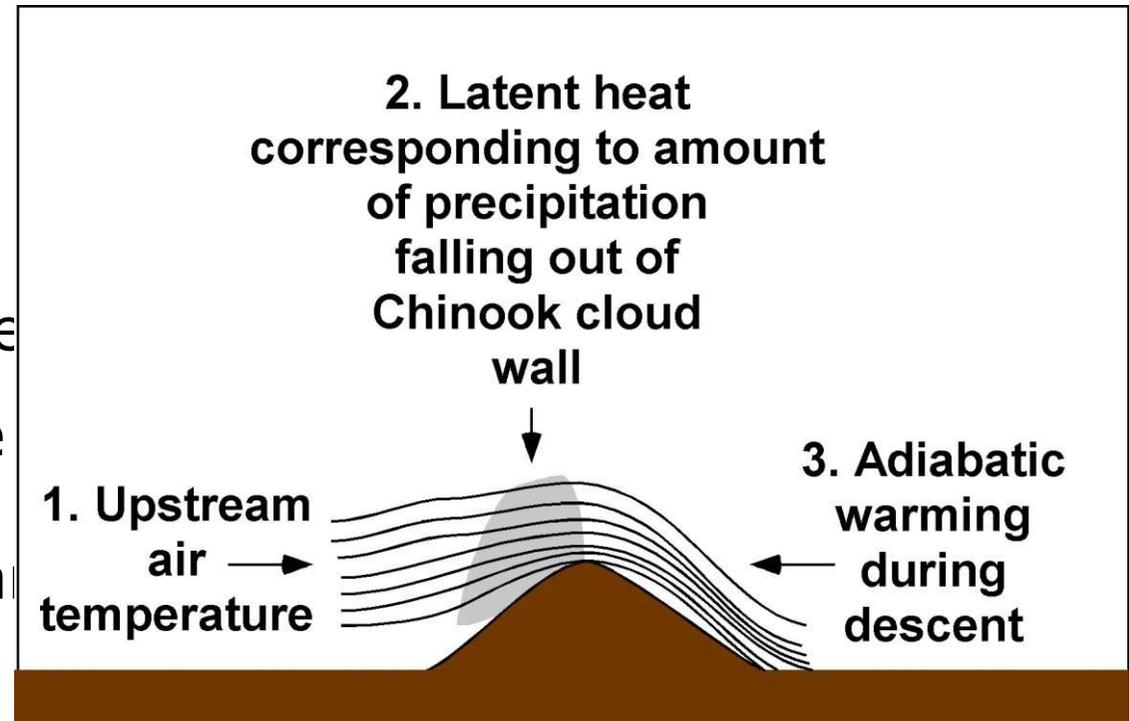
- Capa estable (inversión térmica) a barlovento de la montaña



Downslope windstorms

□ Temperatura y humedad

- Mecanismo clásico
- Llegada de una masas de aire cálido (Pacífico USA Canadá, Mediterráneo Alpe)
- Liberación de calor latente por condensación del aire húmedo a barlovento durante el ascenso.
- Descenso del aire a sotavento más cálido que a igual altitud

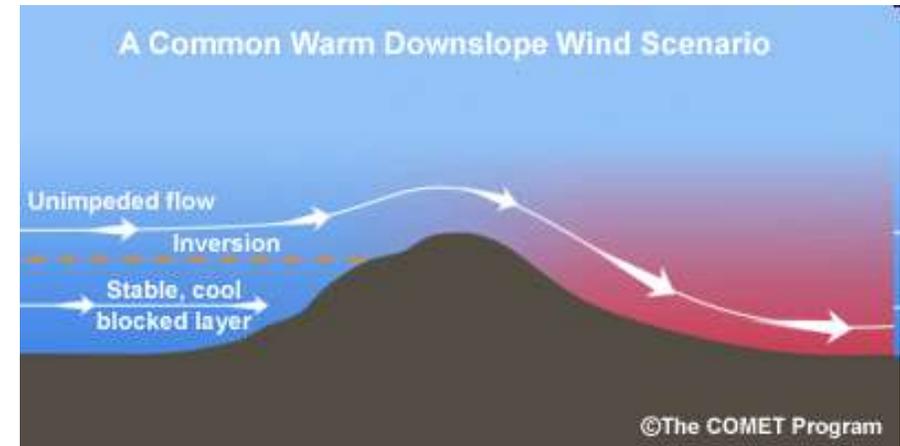
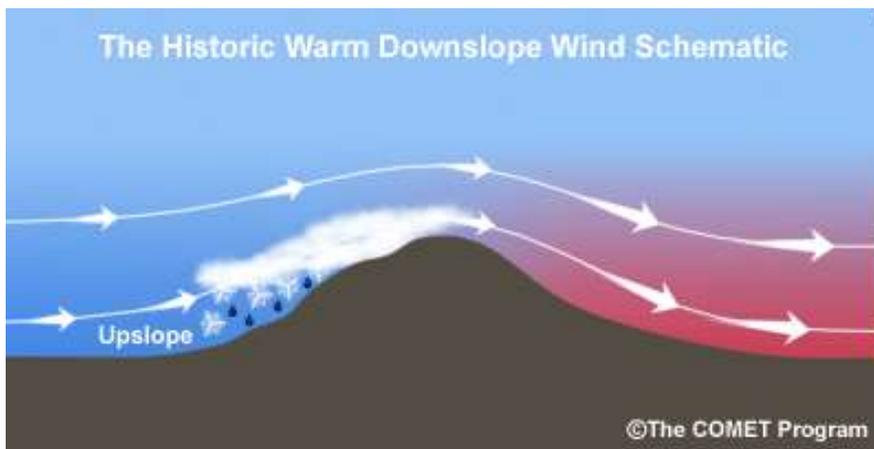


©Kendall/Hunt Publishing

Downslope windstorms

□ Temperatura y humedad

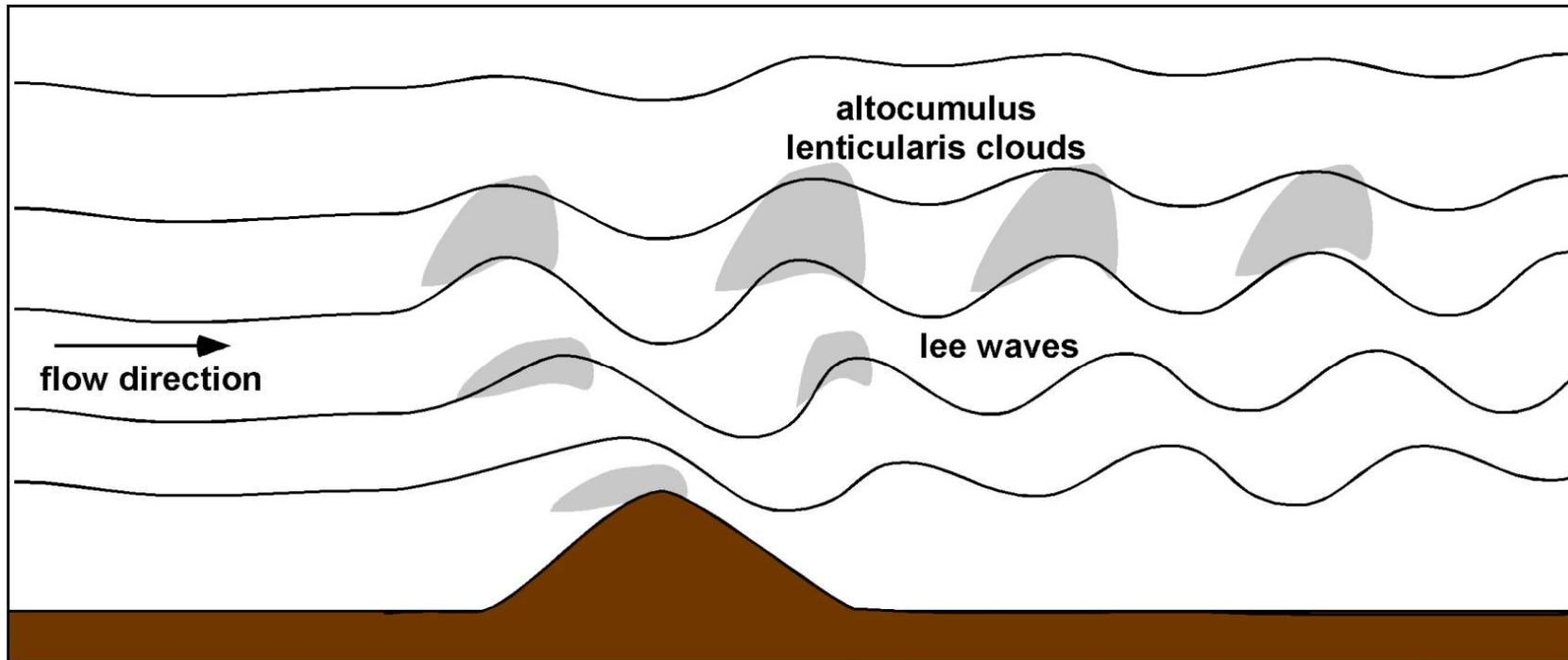
- Otros



Downslope windstorms

□ Viento

- Estructura ondulatoria (onda de montaña)

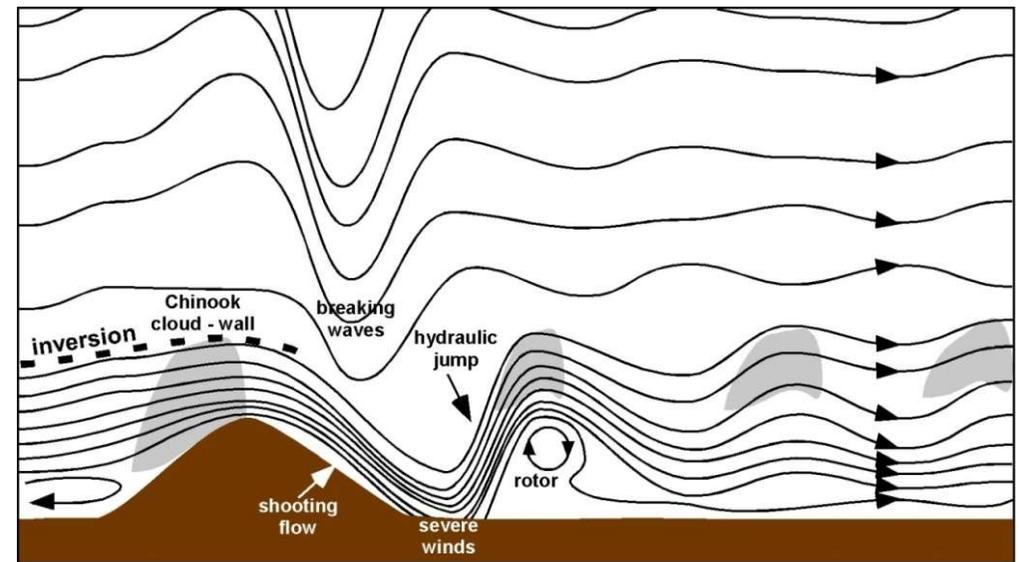


©Kendall/Hunt Publishing

Downslope windstorms

□ Viento

- Dependiente de variaciones en la velocidad del viento a barlovento y en la altura y potencia de la inversión térmica
- Con vientos fuertes, las ondas de montaña adoptan un “salto hidráulico”, resultado de la ausencia de disipación de la energía cinética (impedida por la inversión sobre la montaña).

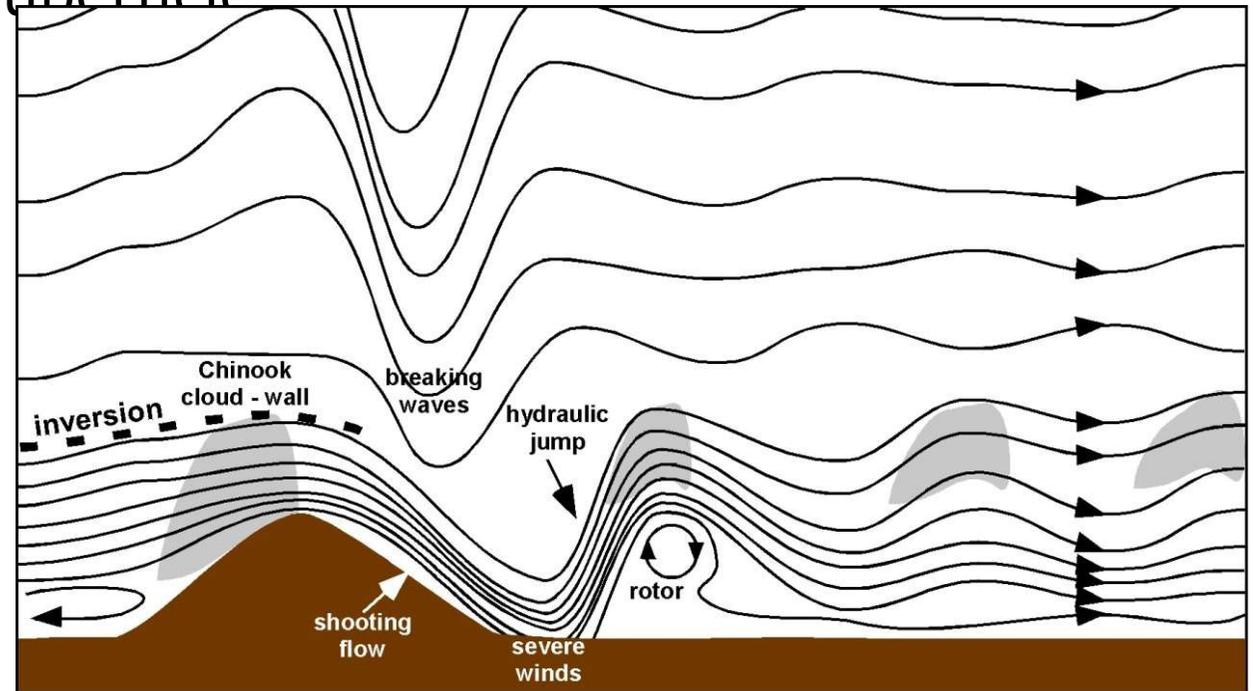


©Kendall/Hunt Publishing

Downslope windstorms

□ Viento

- El aire que circula entre la montaña y la inversión se acelera en el ramal descendente del salto hidráulico, donde adopta la forma de chorro al pie de la montaña → zona de máximo viento en superficie

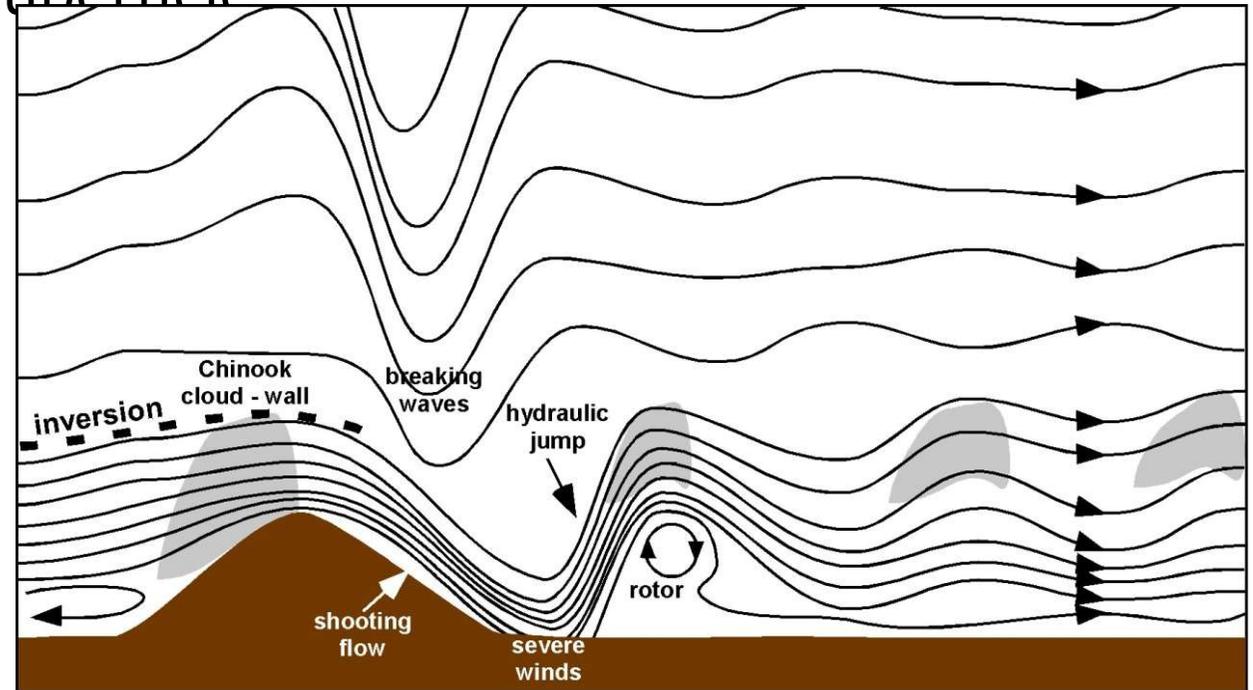


©Kendall/Hunt Publishing

Downslope windstorms

□ Viento

- El aire que circula entre la montaña y la inversión se acelera en el ramal descendente del salto hidráulico, donde adopta la forma de chorro al pie de la montaña → zona de máximo viento en superficie

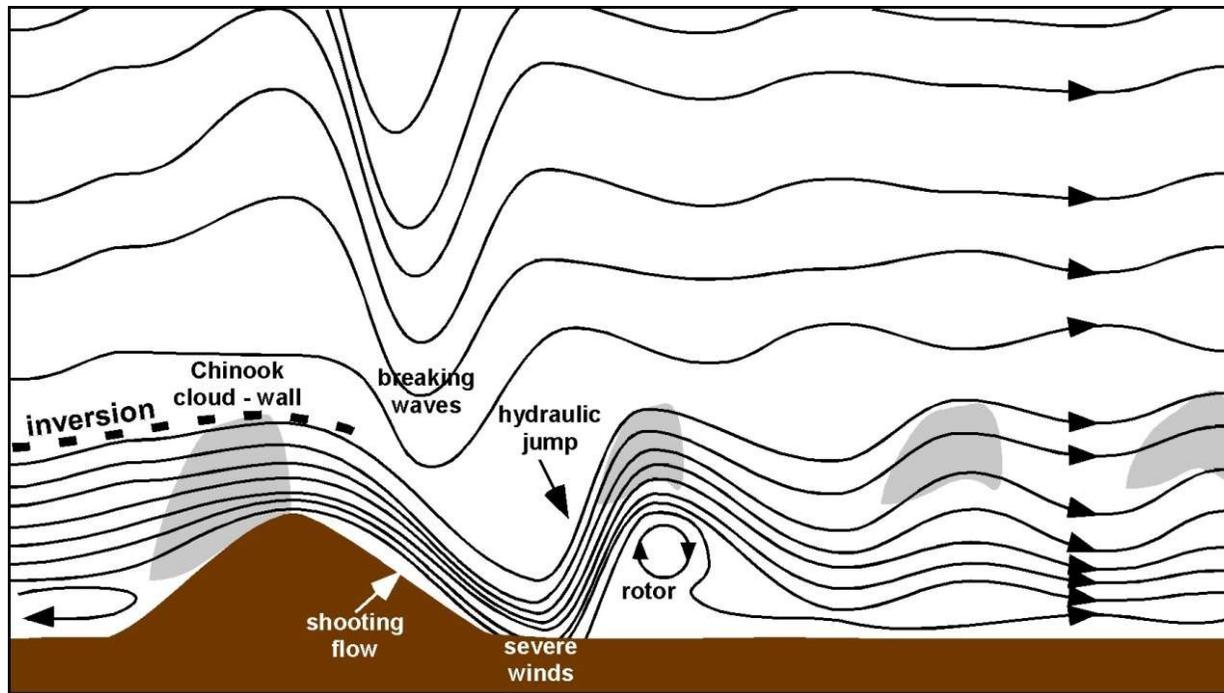


©Kendall/Hunt Publishing

Downslope windstorms

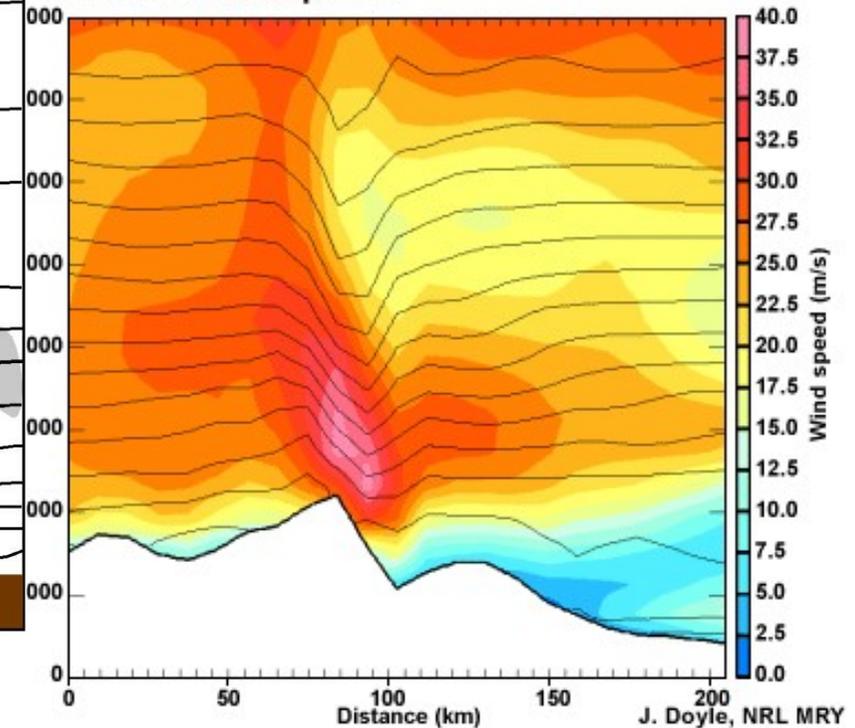
□ Viento

- Un poco más allá de la montaña, el viento asciende bruscamente dejando una zona de viento en calma.



© Kendall/Hunt Publishing

Vertical Cross Section of Wind (m/s) and Potential Temperature (K)
9 km COAMPS 18 hr Forecast Valid
1800 UTC 20 Sep 1999



Downslope windstorms

□ Ejemplos

- 4 enero 2010 → USA
<http://cimss.ssec.wisc.edu/goes/blog/archives/332>
- 16 Oct 2010 → Nueva Zelanda
<http://blog.metservice.com/2010/10/the-foehn-wind/>
- 2-12-2005 → Alpes
- Altdorf 22-2-2010
- Bourg 3 y 4-10-2010
- Reus 12 y 13/10-2009
- Valencia 13-5-2007
- Málaga 18/19-5-2006

• Innsbruck 9/10-6-2010

• Gonduldak 20-12-2009

• Seneo 0, 1, 2010

TIEMPOS Y CLIMAS EXTREMOS

4º Curso ESPECIALIDADES



TEMA 2.5

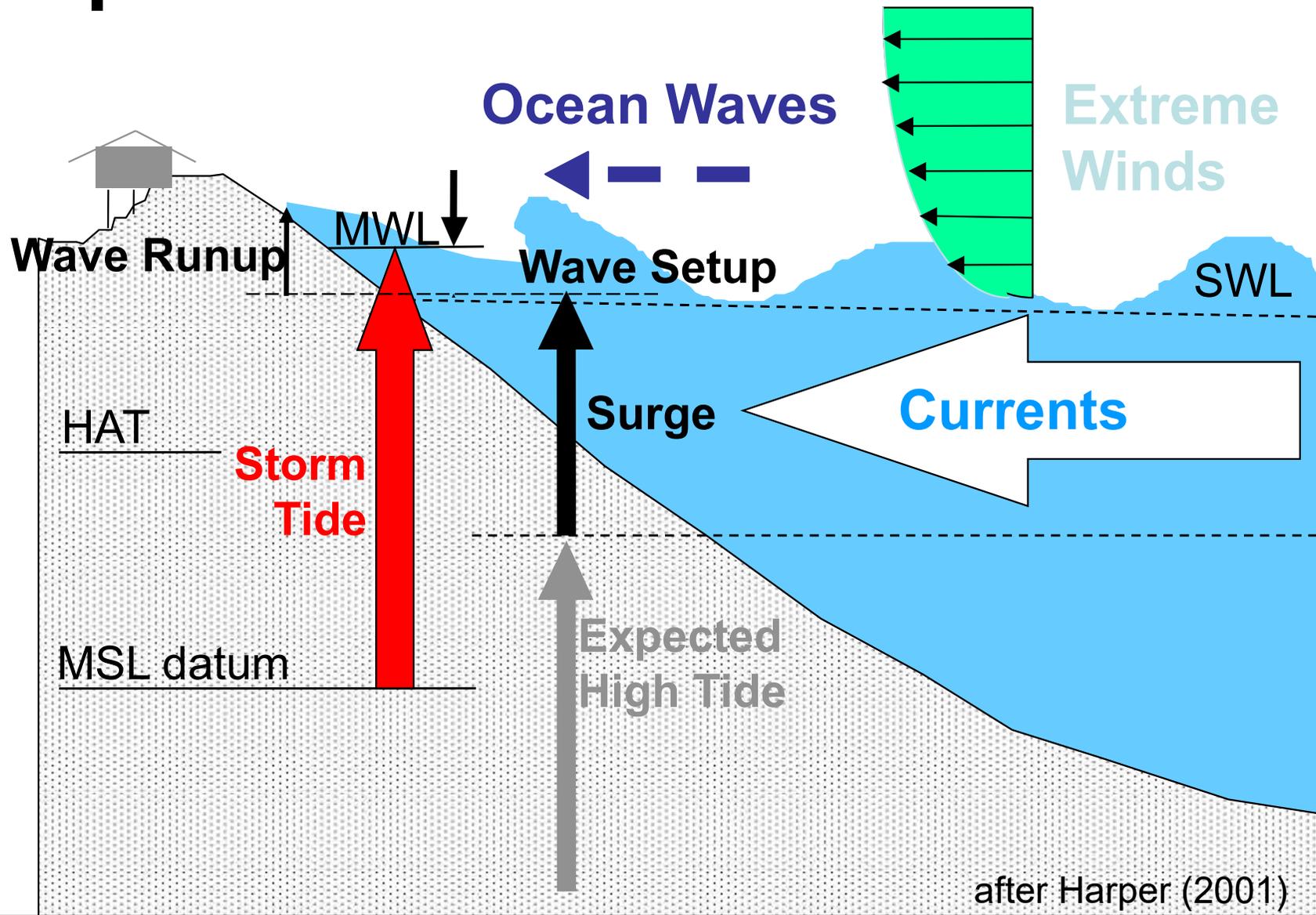
Temporales costeros

Temporales costeros

□ El nivel del mar en la costa.

- Resulta de la relación entre fenómenos que actúan a diferentes escalas.
- En cualquier momento dado, es consecuencia de:
 - ✓ La tendencia a largo plazo
 - ✓ La marea astronómica
 - ✓ La marea meteorológica.
 - ✓ El efecto del oleaje cuando rompen en la costa.

Temporales costeros

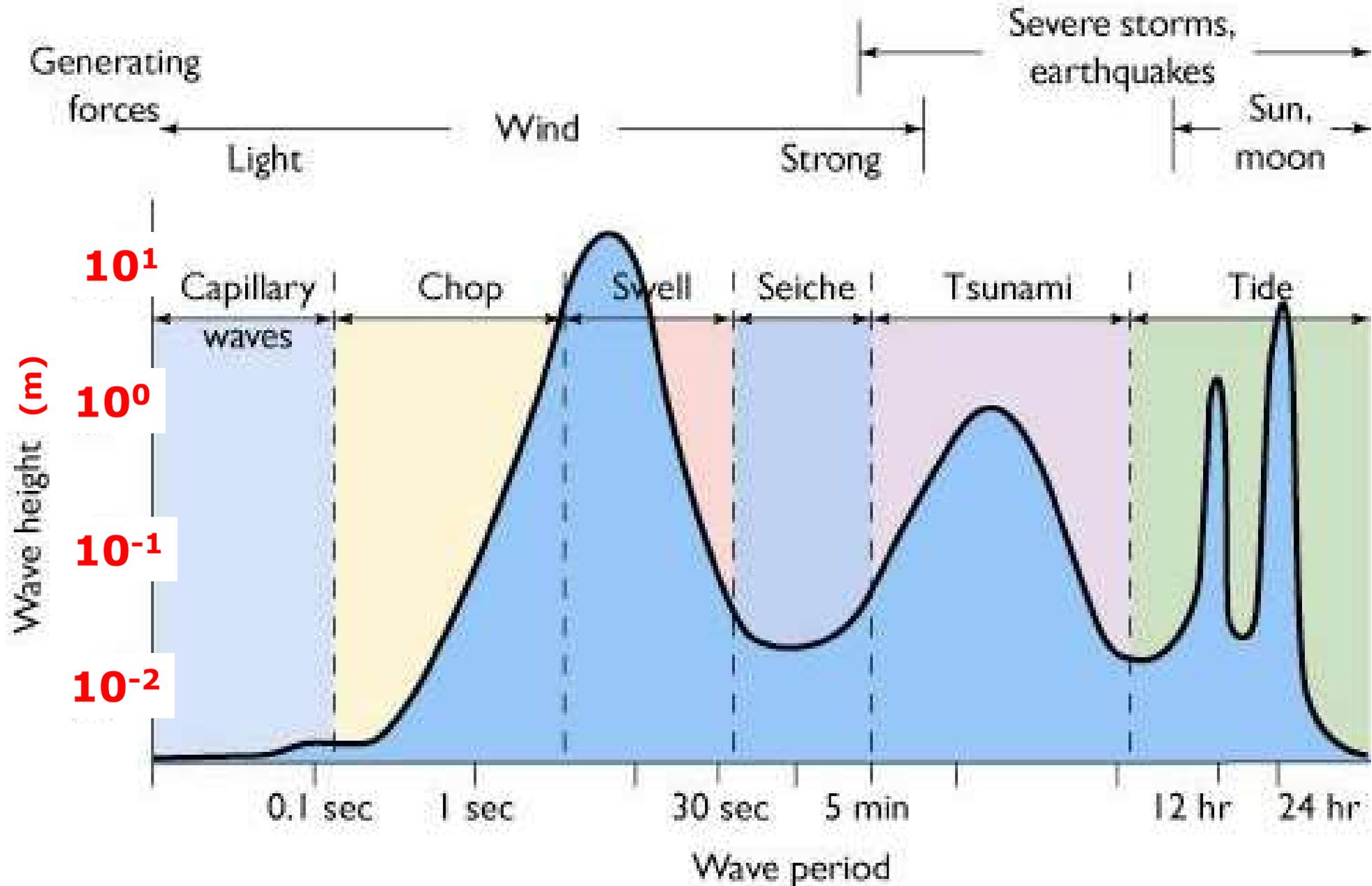


Temporales costeros

□ Oleaje.

- Dos tipos de olas:
 - ✓ Oleaje progresivo → olas de superficie, olas internas y Tsunamis
 - ✓ Oleaje estacionario → Seiches
- Cuantificación del oleaje:
 - ✓ Altura (H) → ola significativa promedio del 1/3 de las más altas → buen indicador de la energía generada por el oleaje.
 - ✓ Amplitud ($1/2H$)
 - ✓ Longitud (L)
 - ✓ Periodo (T).

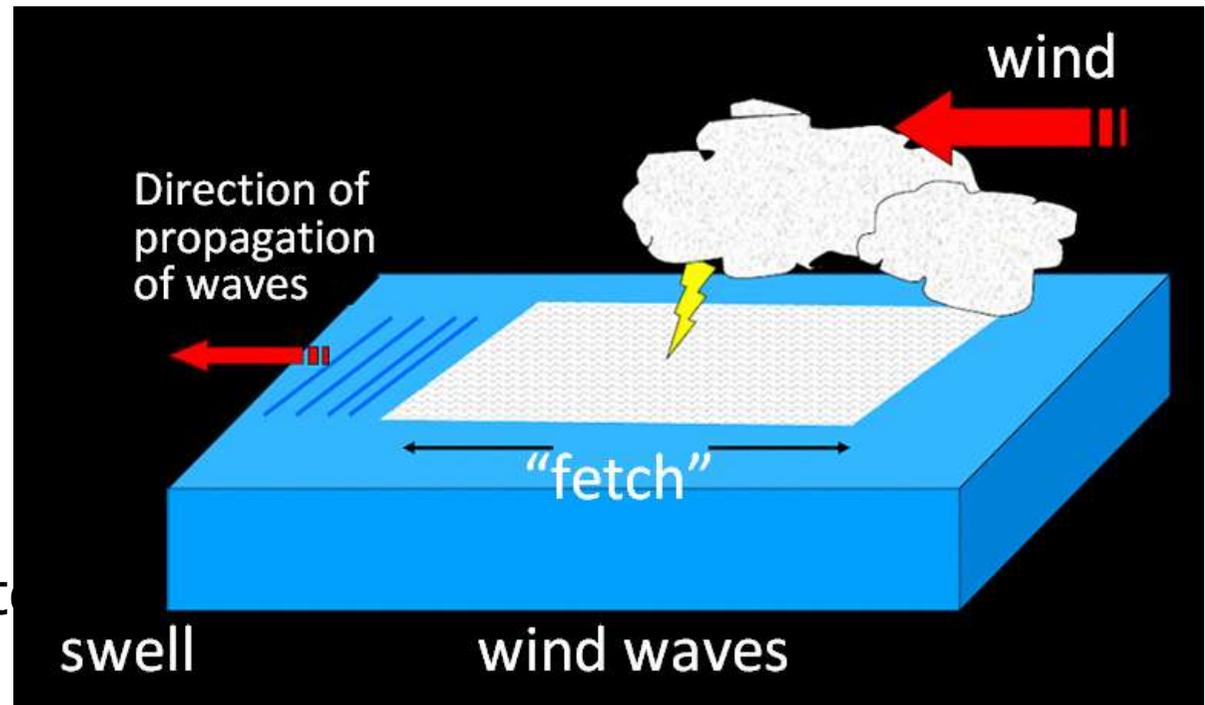
Temporales costeros



Temporales costeros

□ Oleaje.

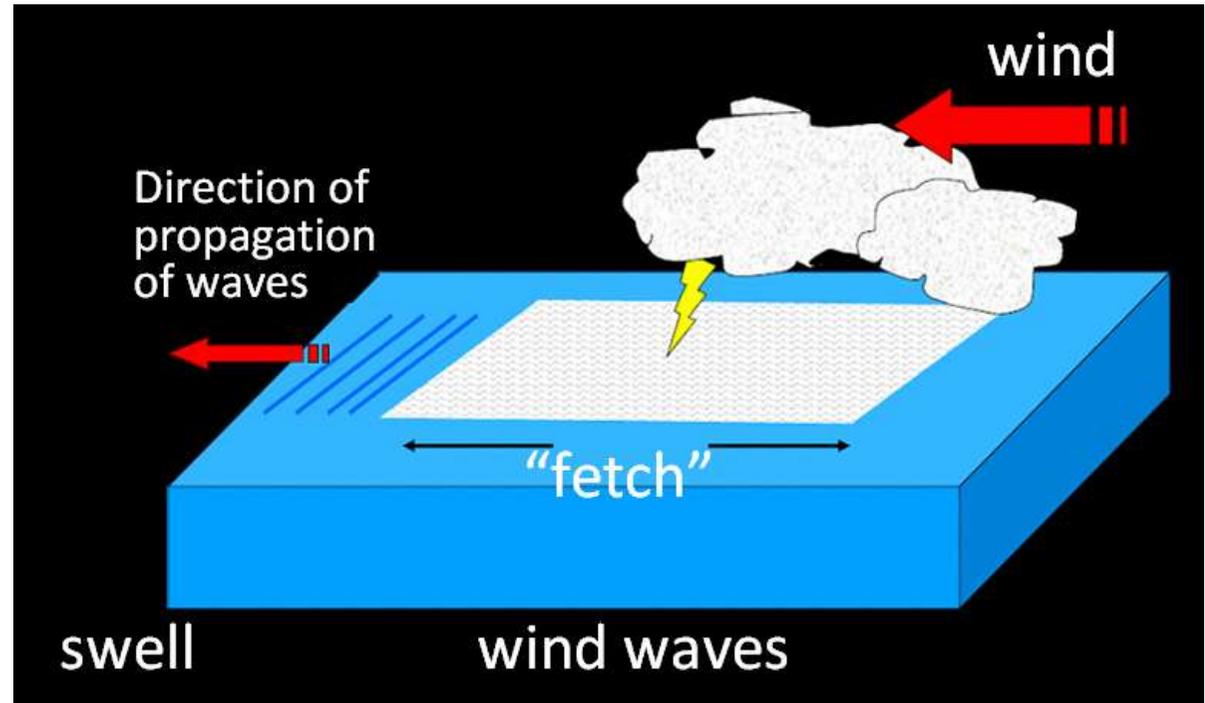
- Génesis → la mayor parte del oleaje está generado por el viento.
- El tamaño y el tipo de olas de este tipo está controlado por :
 - ✓ Velocidad y persistencia del viento
 - ✓ Fetch → Estado original del mar.



Temporales costeros

□ Oleaje.

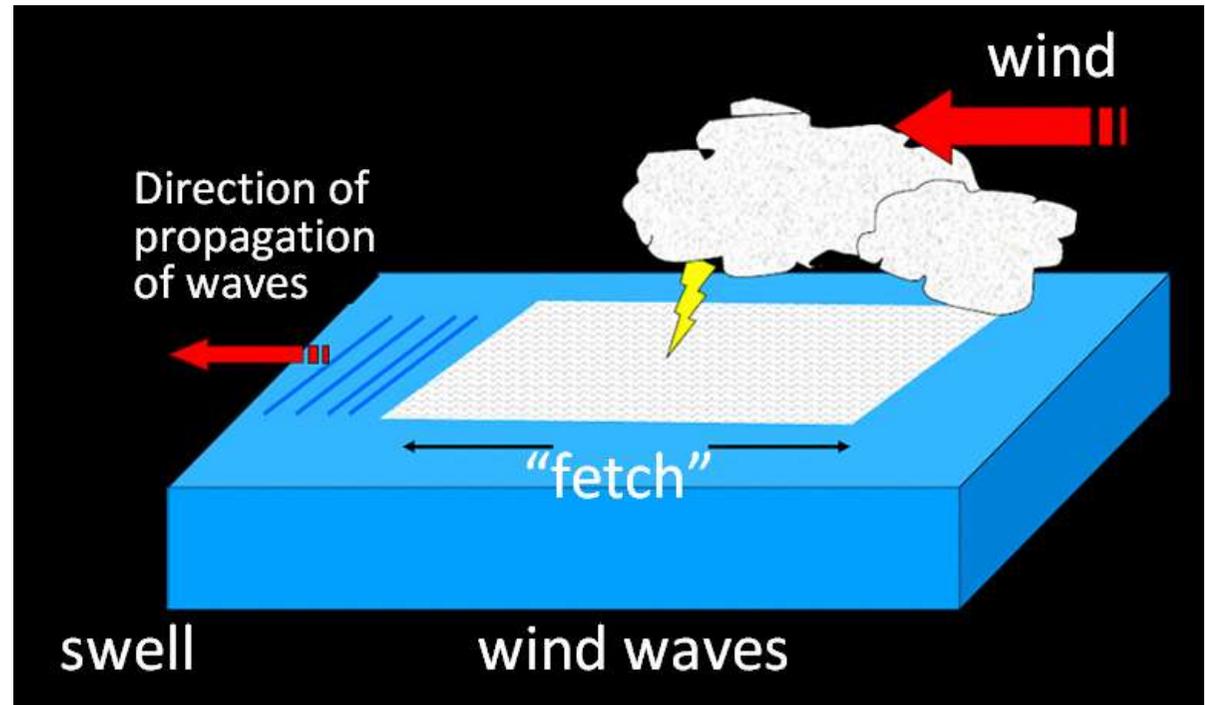
- Fetch → área de contacto entre el viento y la superficie oceánica, donde se generan las olas.



Temporales costeros

□ Oleaje.

- Un incremento de la velocidad del viento → aumento de la longitud, periodo y altura del oleaje (sólo si la persistencia del viento y el fetch son suficientes).
- El oleaje continua creciendo hasta que se alcanza un estado de equilibrio o sufre limitaciones por fetch/viento



Temporales costeros

□ Oleaje.

- Mar de viento: oleaje generado in situ
- Mar de fondo: oleaje que proviene de otra zona

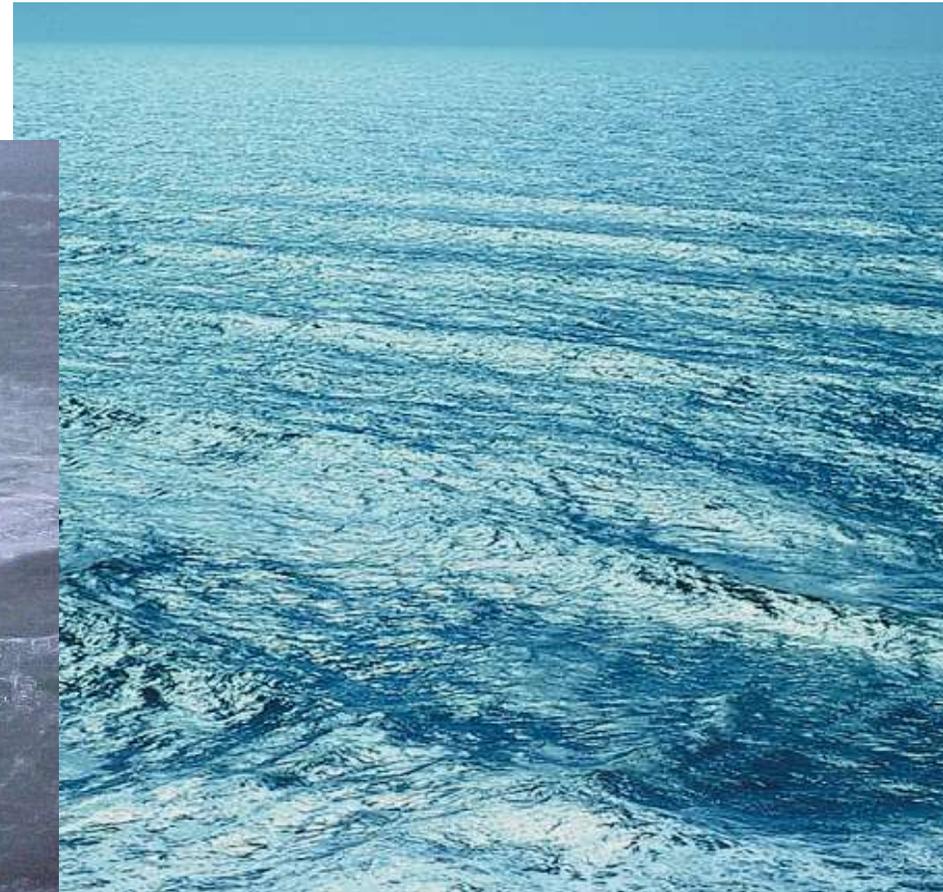


Temporales costeros

□ Oleaje.

Mar de viento (complejo)
en la zona de fetch.

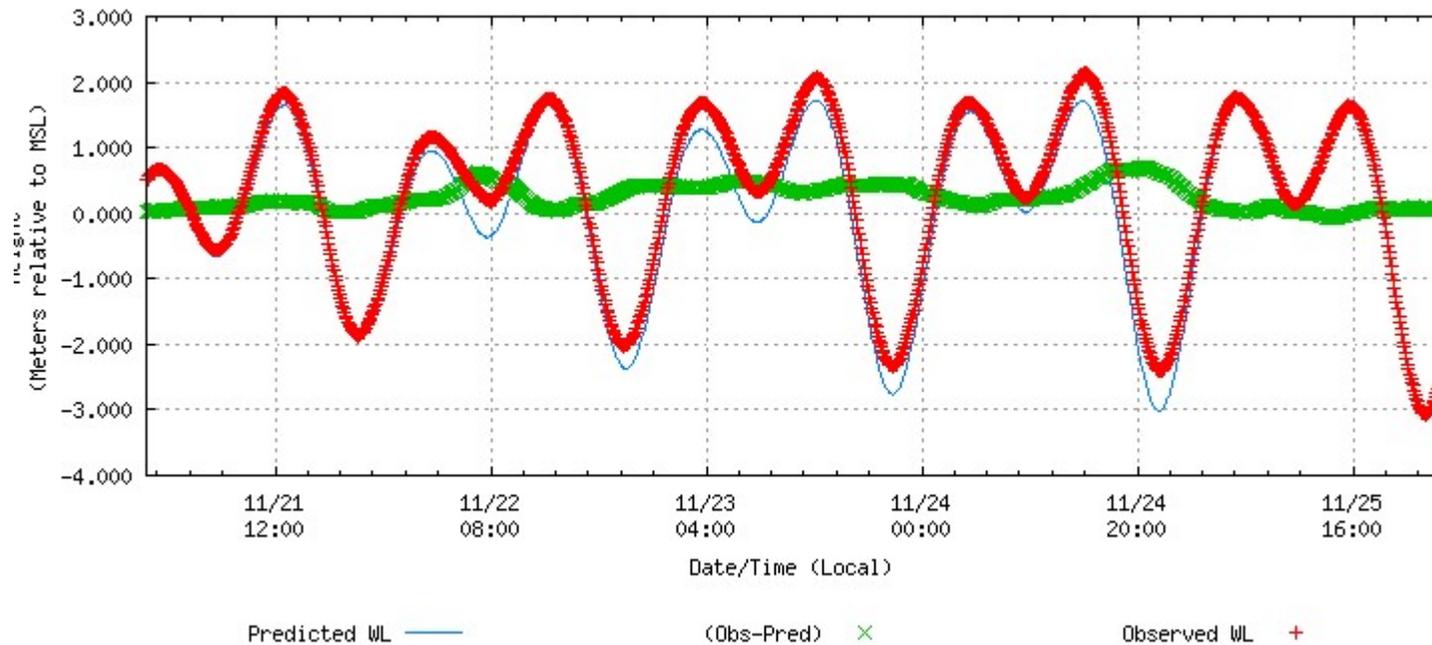
Mar de fondo



Temporales costeros

□ Marea meteorológica.

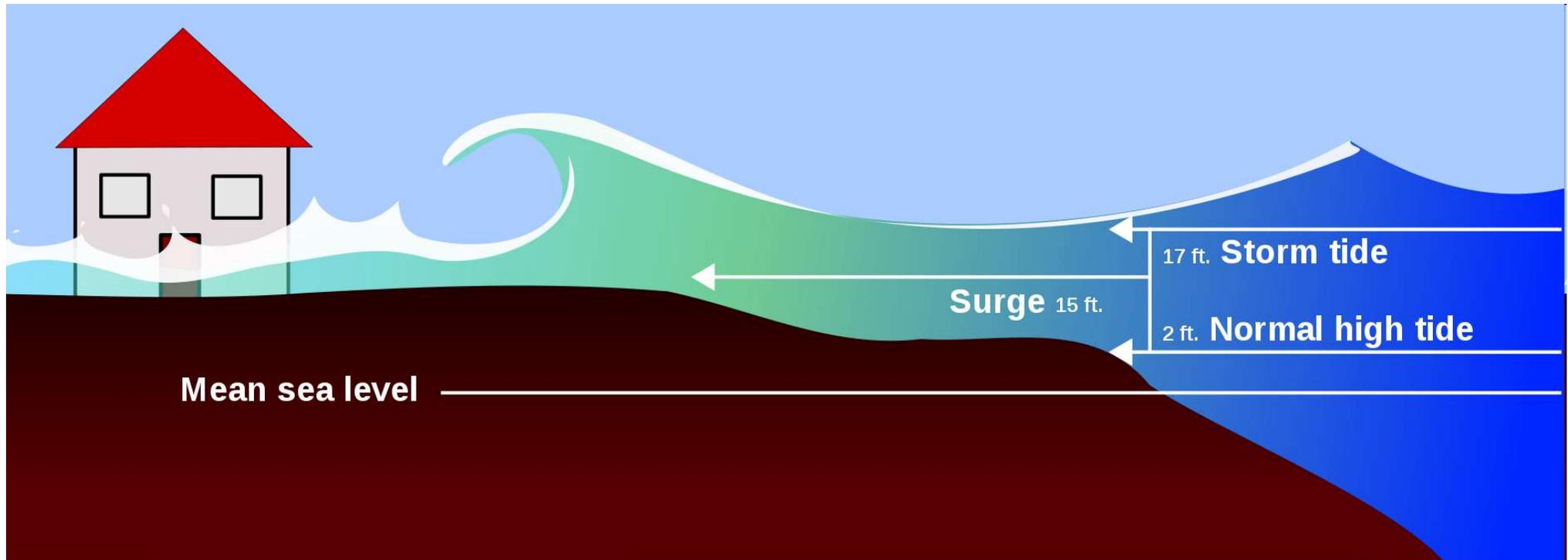
- Ascenso/descenso relativo del nivel del mar causado por el efecto combinado de la presión atmosférica y del viento.
- Genera un residuo, positivo o negativo.



Temporales costeros

□ Marea meteorológica.

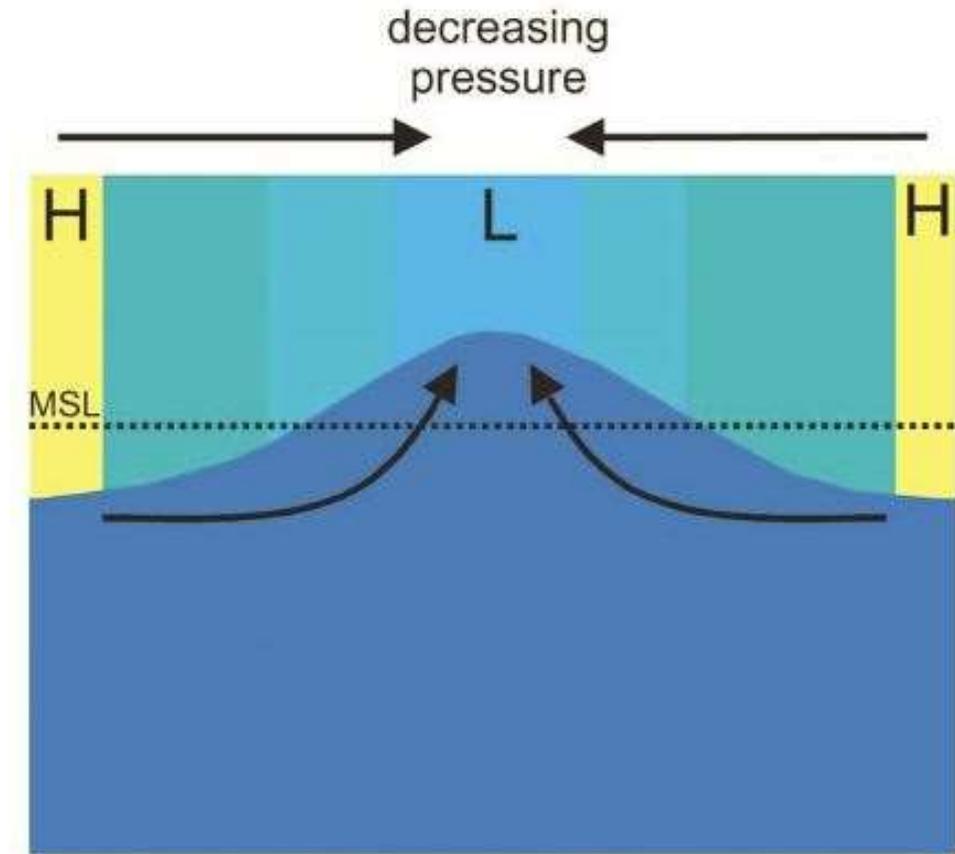
- Su efecto sobre la costa se intensifica cuando coincide con mareas altas.



Temporales costeros

□ Marea meteorológica.

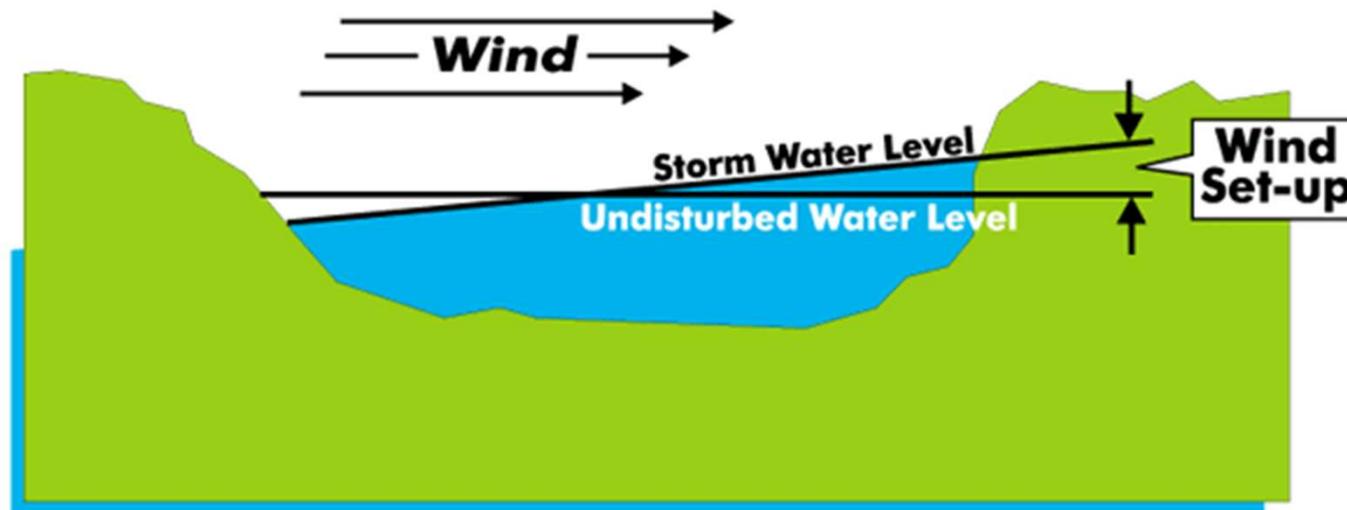
- Efecto de la presión (barómetro inverso)
- Las bajas presiones elevan el nivel del mar, las altas presiones lo hundien



Temporales costeros

□ Marea meteorológica.

- Efecto del viento (“wind set up”)
- Empuja el agua contra la costa → cuanto más profunda, menor efecto



Lake profile showing wind set-up

Temporales costeros

□ Inundación de la costa

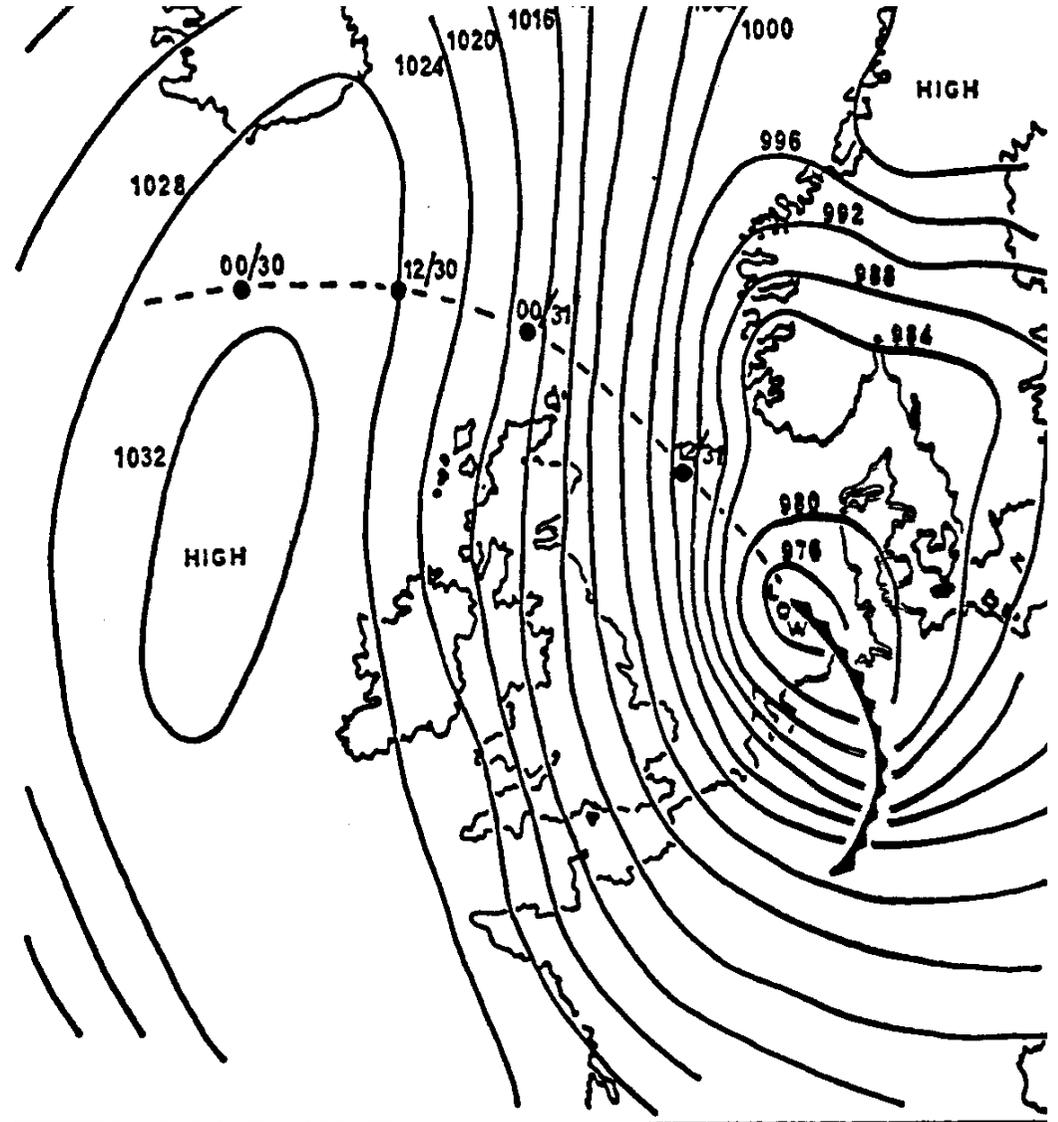
- Venecia "Aqua alta"



Temporales costeros

□ Inundación de la costa

- Países Bajos



Temporales costeros

□ Ejemplos

- Venecia: 11/12/2008
- Cantábrico: 11/02/2013
- Galicia 22/01/2013
- Golfo de Cádiz: 23/12/2010
- Costa NE: 31/10/2012

Temporales costeros

□ Inundación de la costa

- <https://marc.ifremer.fr/presentation>

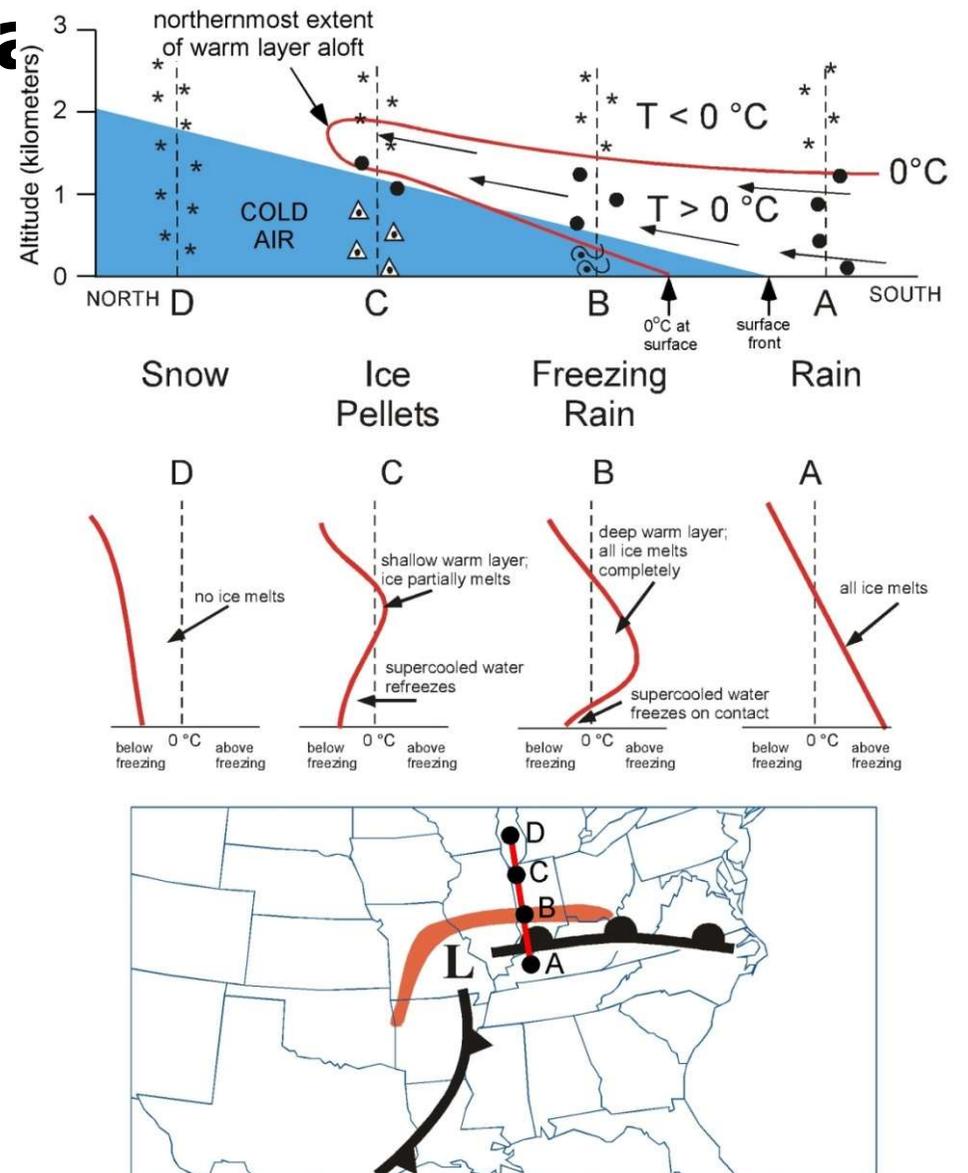
TEMA 2.6

Fenómenos ligados a precipitaciones sólidas

Precipitaciones sólidas:

□ Tipología

- Nieve.
- Aguanieve.
- Lluvia helada

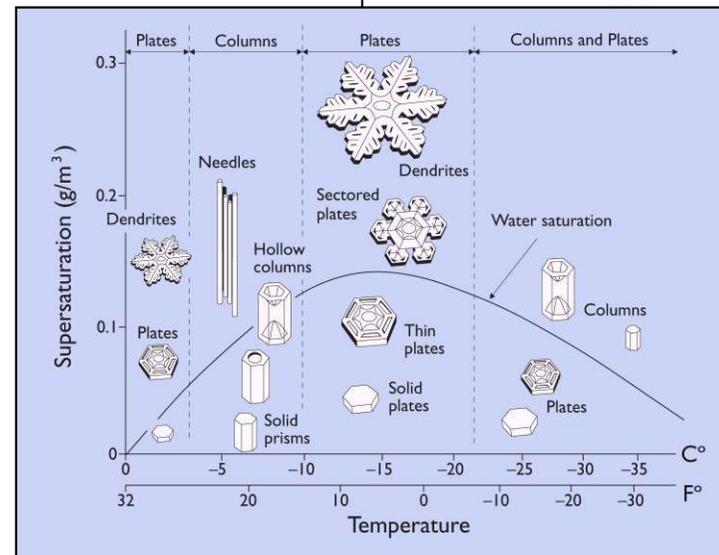
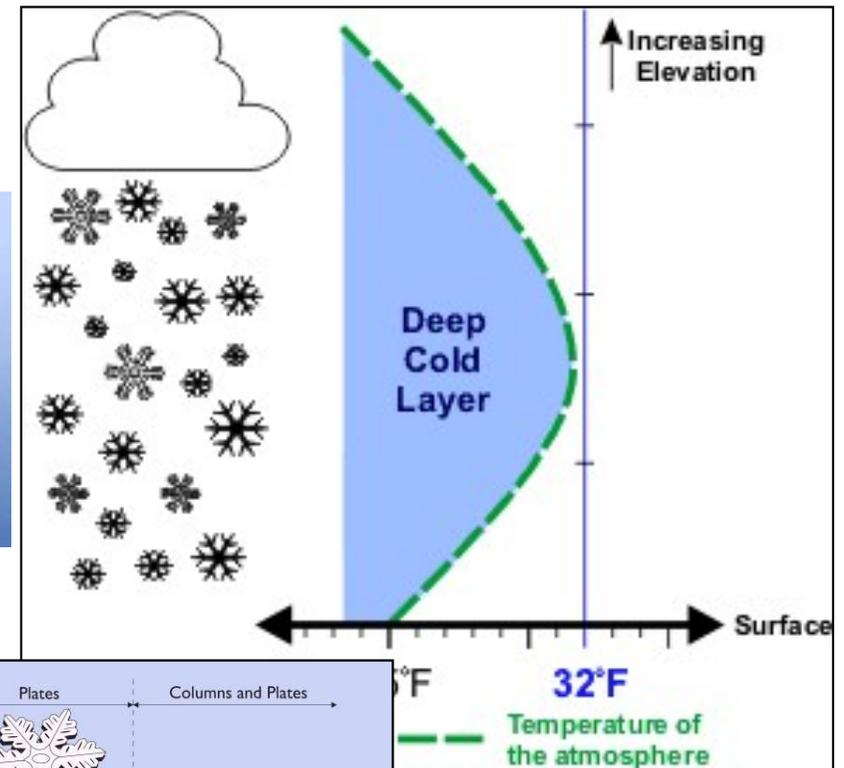


© Kendall/Hunt Publishing

Precipitaciones sólidas

□ Nieve

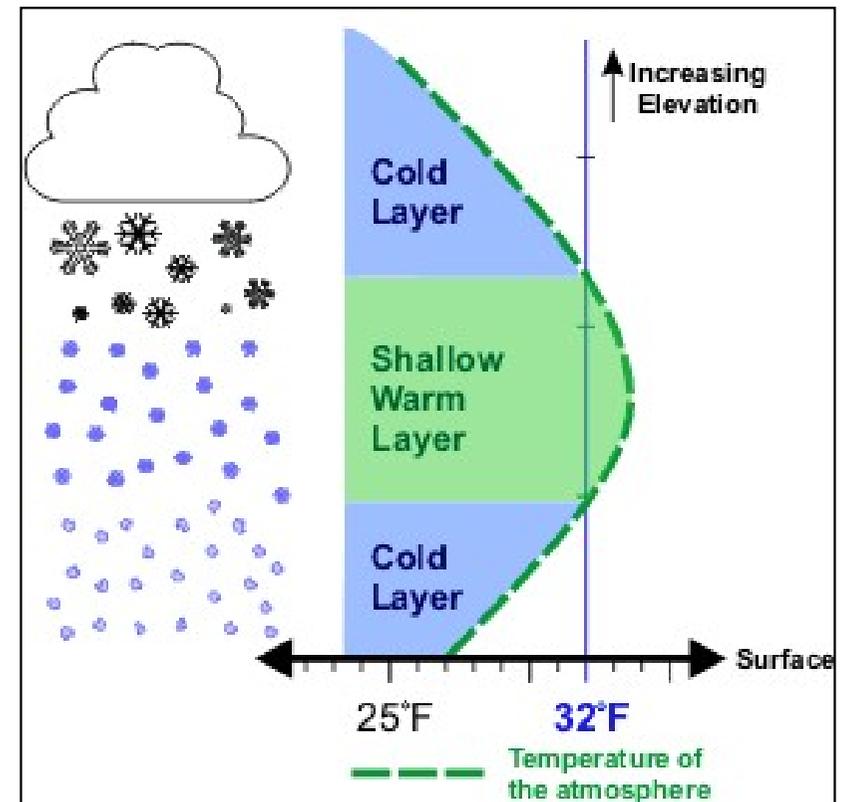
- Cuando la temperatura está próxima a 0°C
- Cristales de hielo que crecen colisionando a medida que caen.
- El tipo de cristales de hielo es función de la temperatura del aire



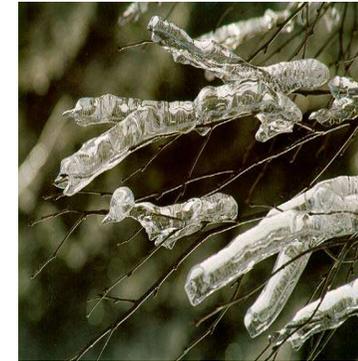
Precipitaciones sólidas

□ Aguanieve.

- Cuando la nieve que cae atraviesa una capa de aire lo suficientemente caliente como para fundir los copos, que vuelven a congelarse cuando atraviesan una nueva capa de aire frío.

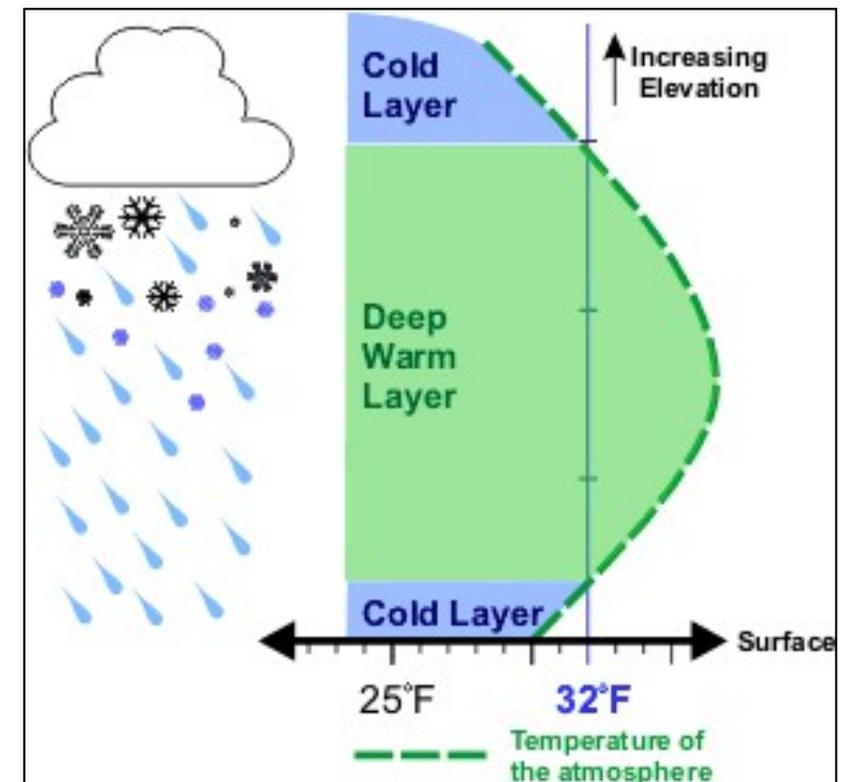


Precipitaciones sólidas



□ Lluvia engelante

- Las precipitaciones atraviesan una capa de aire cálido que funde los copos de nieve.
- Las gotas atraviesan una capa, más fina, de aire frío sobre la superficie que congela las gotas de agua, formando una capa de hielo sobre la superficie.



Precipitaciones sólidas

□ Blizzard

- Definición USA: combinación de precipitaciones de nieve, vientos fuertes (>50 km/h), temperatura inferior a 0°C y visibilidad inferior a 400 m.

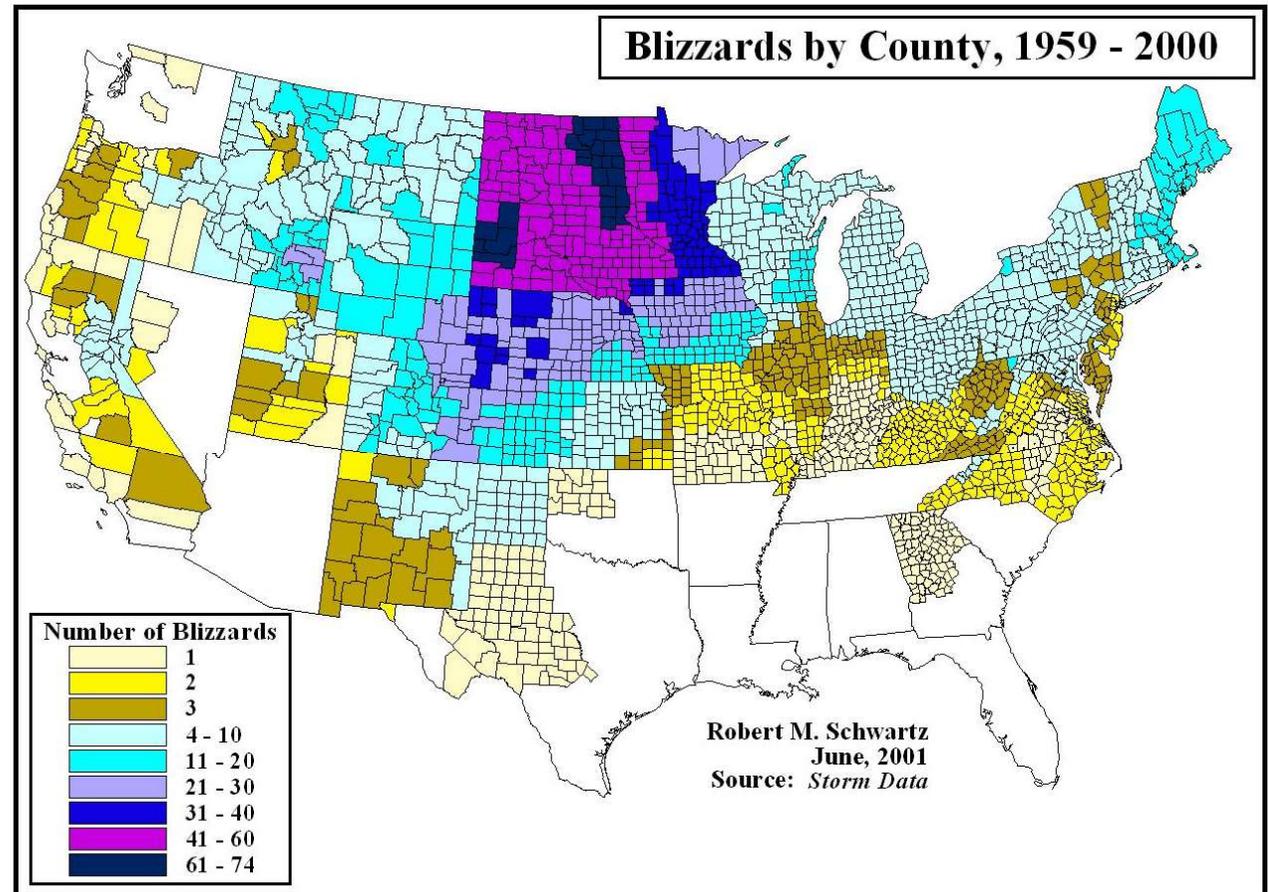
- <http://www.youtube.com/watch?v=uQeU4tMS8fQ>



Precipitaciones sólidas

❑ Blizzard

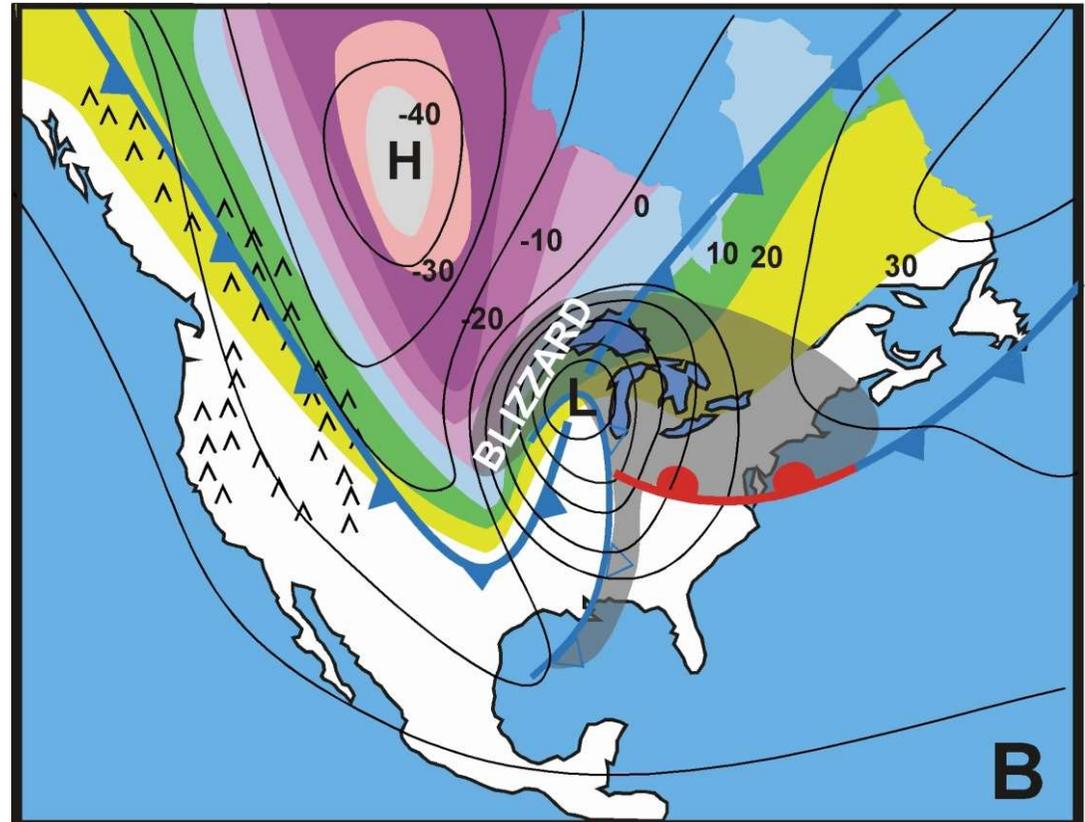
- Las abundantes nevadas limitan las comunicaciones, la combinación de viento y bajas temperaturas genera situaciones de hipotermia.



Precipitaciones sólidas

□ Blizzard

- Ingredientes:
- Masa de aire muy frío (anticiclón Canadá) → bajas temperaturas.
- Perturbación que se desplaza por latitudes meridionales → atrae aire cálido del Golfo de Méjico → nieve.
- Gradiente de presión → vientos fuertes.

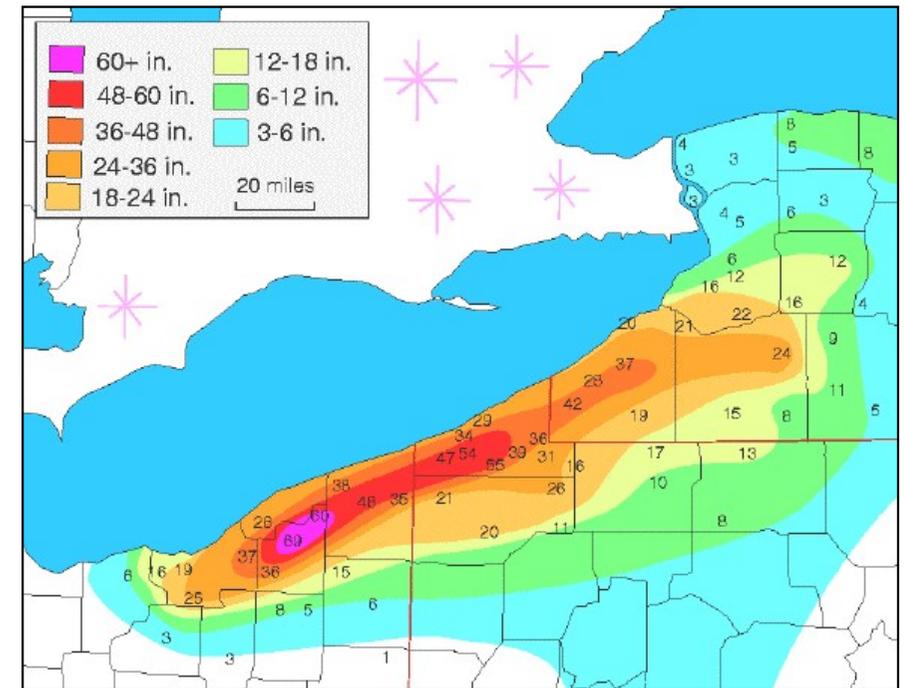


© Kendall/Hunt Publishing

Precipitaciones sólidas

□ Snow-lake effect

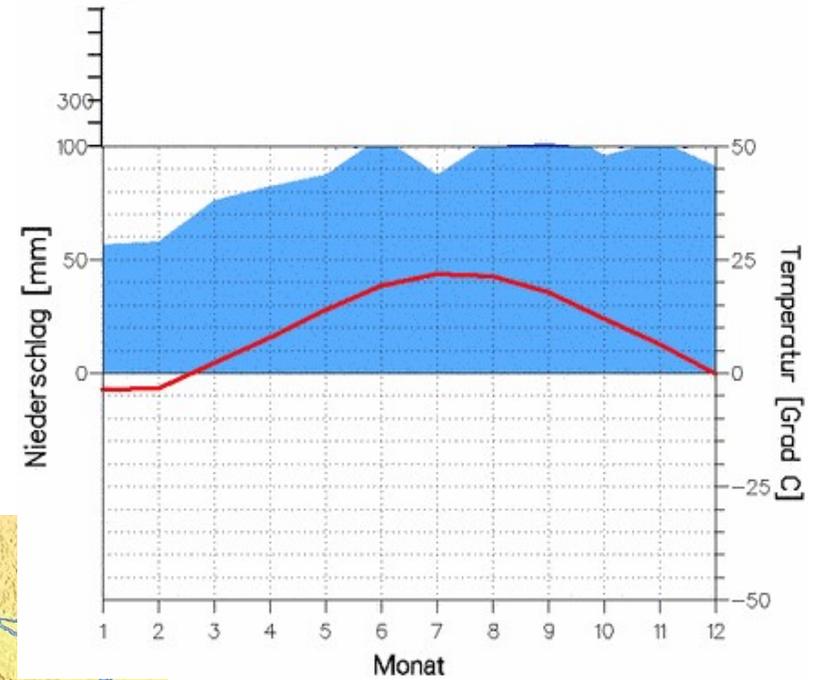
- Incremento de las precipitaciones (sobre todo de nieve) cuando una masa de aire circula sobre una superficie acuática (mar interior, lago) más cálida.
- Zonas de grandes nevadas (acumulaciones superiores a los 5 m anuales): Grandes Lagos (EEUU, Canadá), N de Japón.



Precipitaciones sólidas

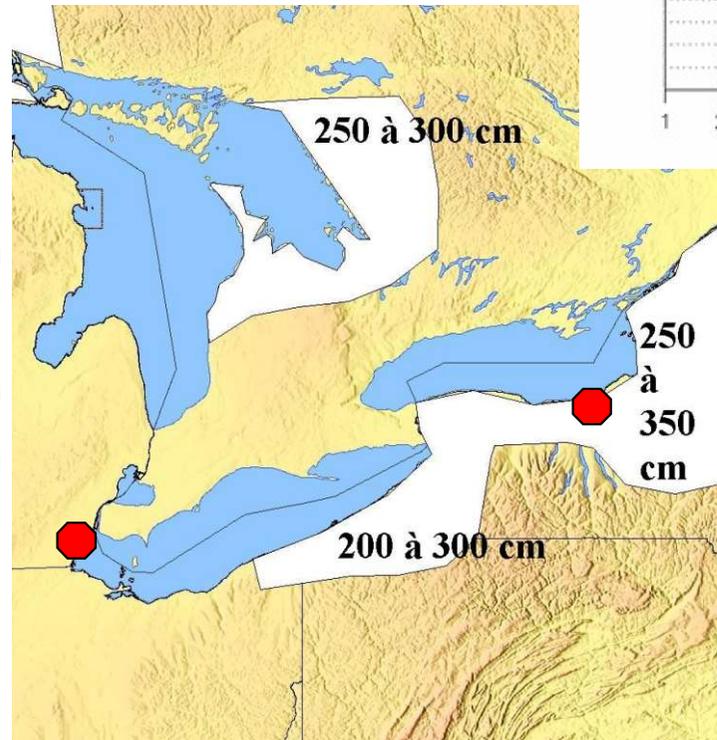
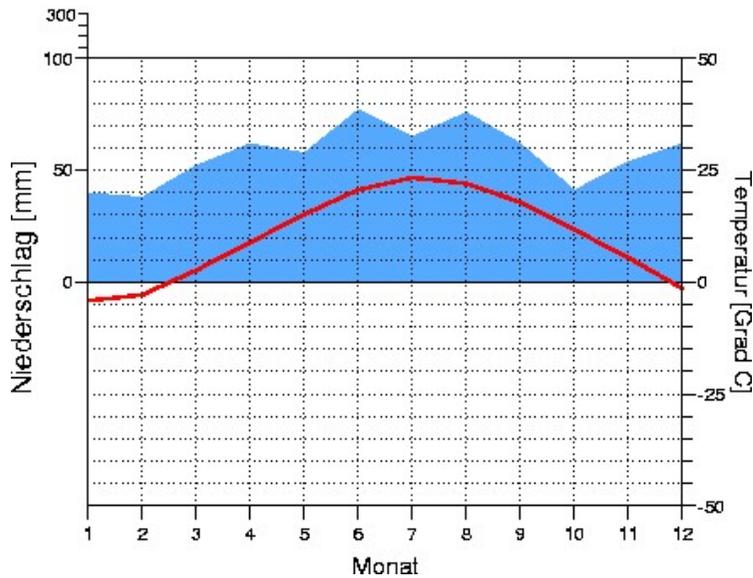
□ Snow-lake effect

Erie 222 m Dfb 9.5 Grad C 1055 mm



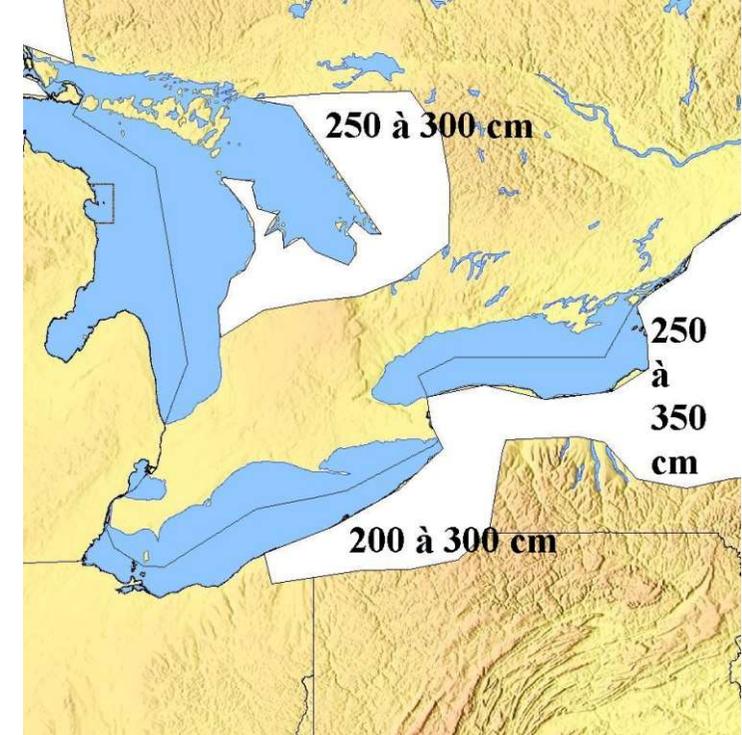
Detroit 202 m 10.0 Grad C 691 mm

Dfa



Precipitaciones sólidas

□ Snow-lake effect



Climate data for Erie, Pennsylvania (Erie International Airport), 1981–2010 normals [hide]

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Record high °F (°C)	72 (22)	75 (24)	82 (28)	89 (32)	90 (32)	100 (38)	99 (37)	94 (34)	99 (37)	88 (31)	81 (27)	75 (24)	100 (38)
Average high °F (°C)	33.7 (0.9)	35.5 (1.9)	43.8 (6.6)	56.1 (13.4)	66.6 (19.2)	75.7 (24.3)	79.8 (26.6)	78.6 (25.9)	71.9 (22.2)	60.8 (16)	49.9 (9.9)	38.1 (3.4)	57.5 (14.2)
Average low °F (°C)	20.8 (-6.2)	21.1 (-6.1)	27.5 (-2.5)	38.1 (3.4)	48.2 (9)	58.4 (14.7)	63.5 (17.5)	62.5 (16.9)	55.8 (13.2)	45.3 (7.4)	36.6 (2.6)	26.6 (-3)	42.0 (5.6)
Record low °F (°C)	-18 (-28)	-17 (-27)	-9 (-23)	7 (-14)	26 (-3)	32 (0)	44 (7)	37 (3)	33 (1)	23 (-5)	6 (-14)	-11 (-24)	-18 (-28)
Precipitation inches (mm)	2.94 (74.7)	2.39 (60.7)	2.95 (74.9)	3.33 (84.6)	3.44 (87.4)	3.76 (95.5)	3.54 (89.9)	3.46 (87.9)	4.61 (117.1)	4.05 (102.9)	3.93 (99.8)	3.83 (97.3)	42.21 (1,072.1)
Snowfall inches (cm)	29.8 (75.7)	18.1 (46)	13.8 (35.1)	3.1 (7.9)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	.2 (0.5)	8.5 (21.6)	27.2 (69.1)	100.8 (256)
Avg. precipitation days (≥0.01 in)	19.6	15.0	14.3	13.9	12.8	11.1	10.2	10.3	11.1	13.4	15.5	19.2	166.3
Avg. snowy days (≥0.1 in)	16.6	11.9	7.7	2.8	0	0	0	0	0	.2	4.4	13.3	57.0

Source: NOAA^[18]

Precipitaciones sólidas

□ Snow-lake effect

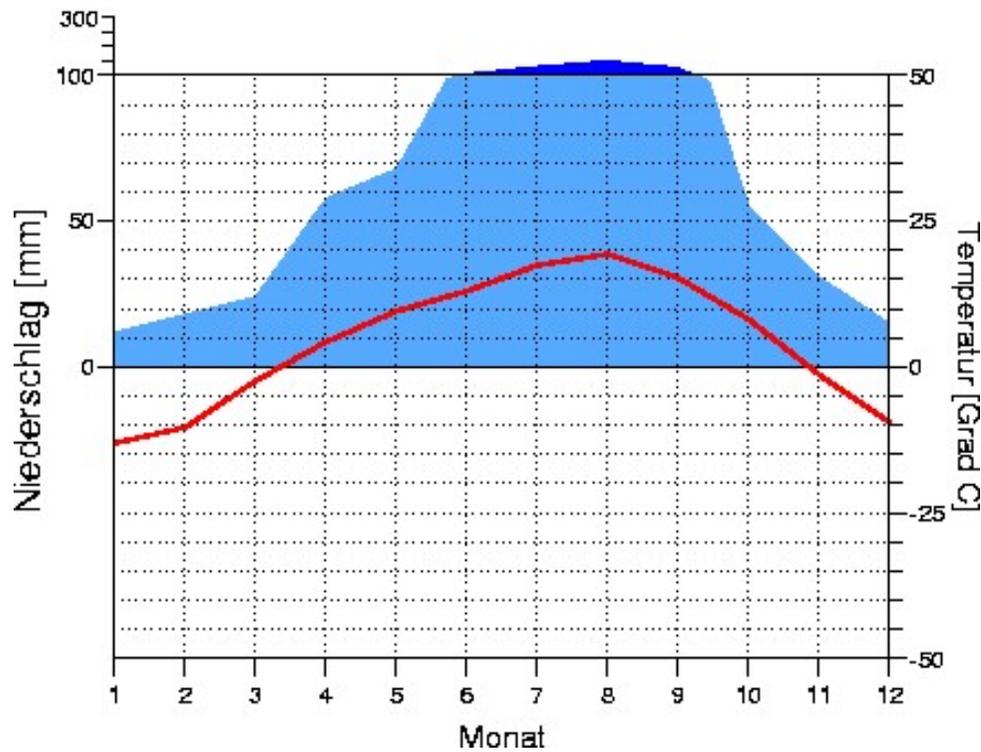
Wladiwostok

138 m

4.2 Grad C

816 mm

Dwb

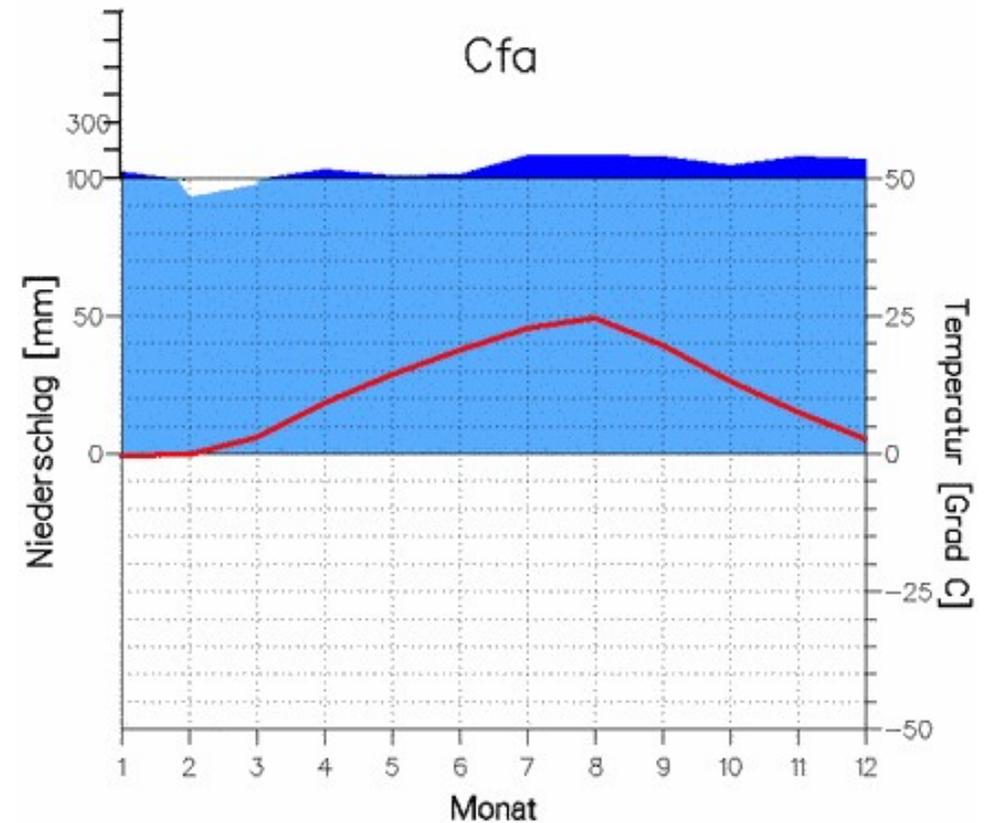


Akita
6 m

11.1 Grad C

1746 mm

Cfa





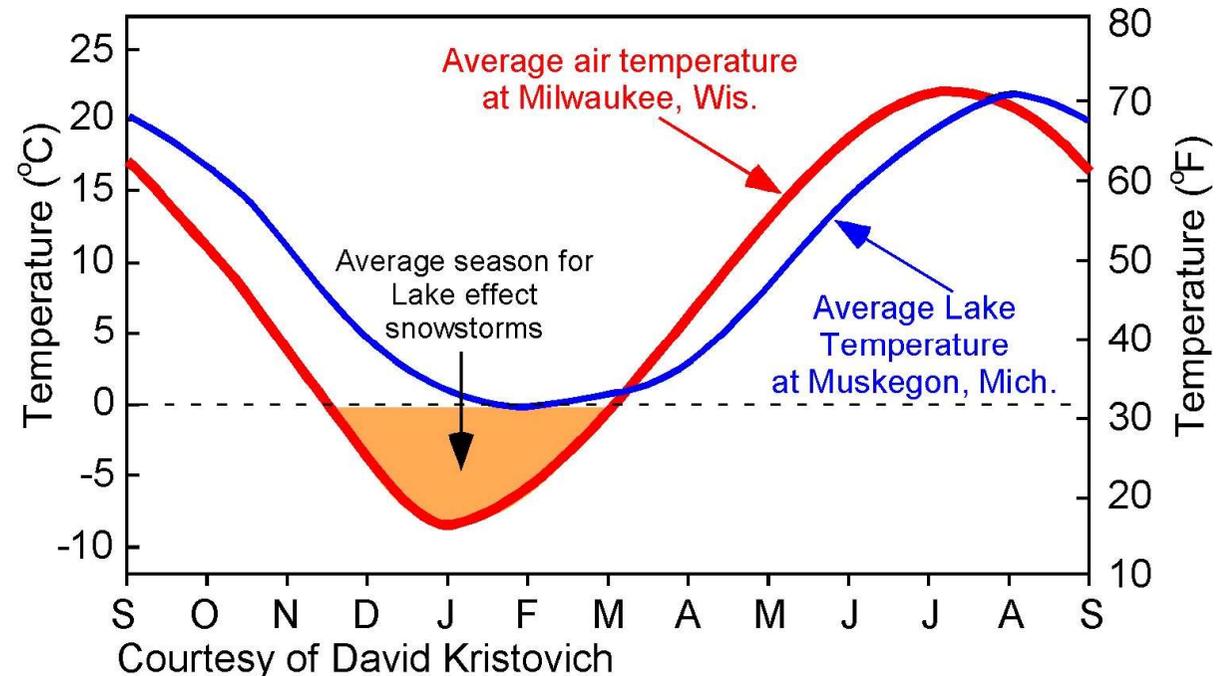
TIEMPOS Y CLIMAS EXTREMOS

Taller

Precipitaciones sólidas

□ Snow-lake effect

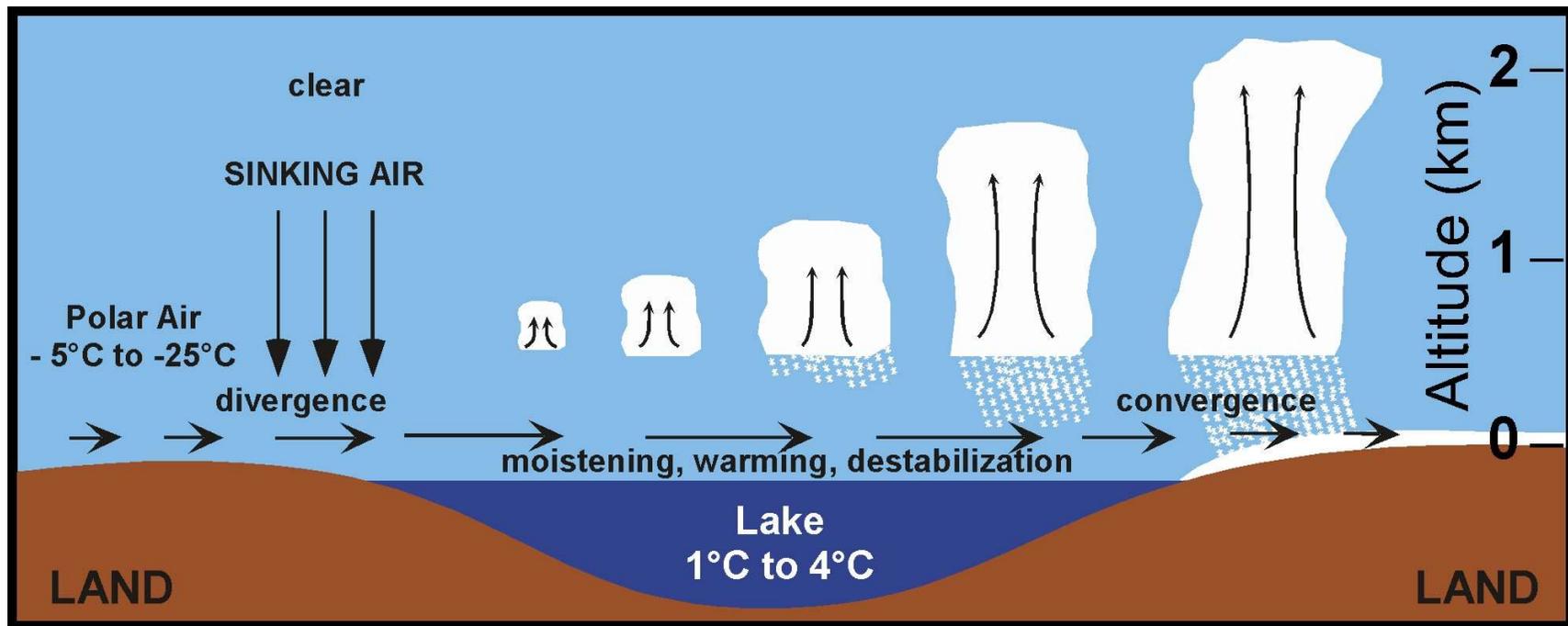
- Habitual a finales de otoño y comienzos del invierno (inercia térmica del agua, formación hielo en lagos).



Precipitaciones sólidas

❑ Snow-lake effect

- La cantidad de nieve depende del contraste entre la temperatura del aire y del agua ($> 10^{\circ}\text{C}$), la dirección del viento, la topografía local y la cubierta de hielo de los lagos

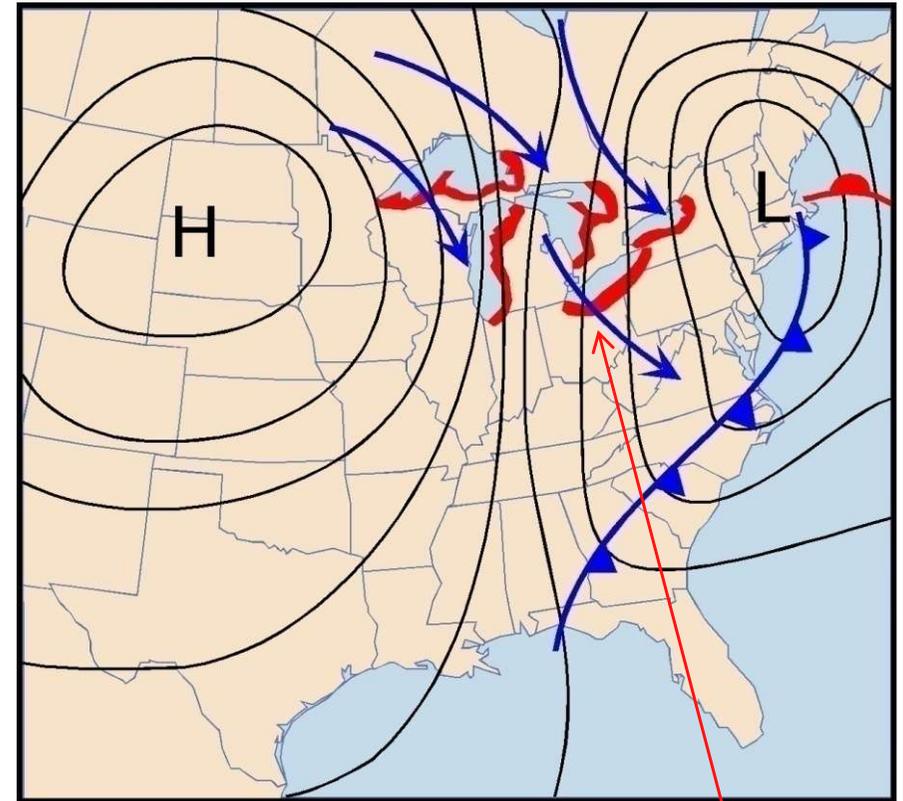


©Kendall/Hunt Publishing

Precipitaciones sólidas

□ Snow-lake effect

- El efecto tiene lugar habitualmente tras el paso de una perturbación extratropical (masa postfrontal).
- La intensidad del efecto es mayor cuando esta masa se combina con el gradiente de presión creado entre la perturbación y un anticiclón



© Kendall/Hunt Publishing

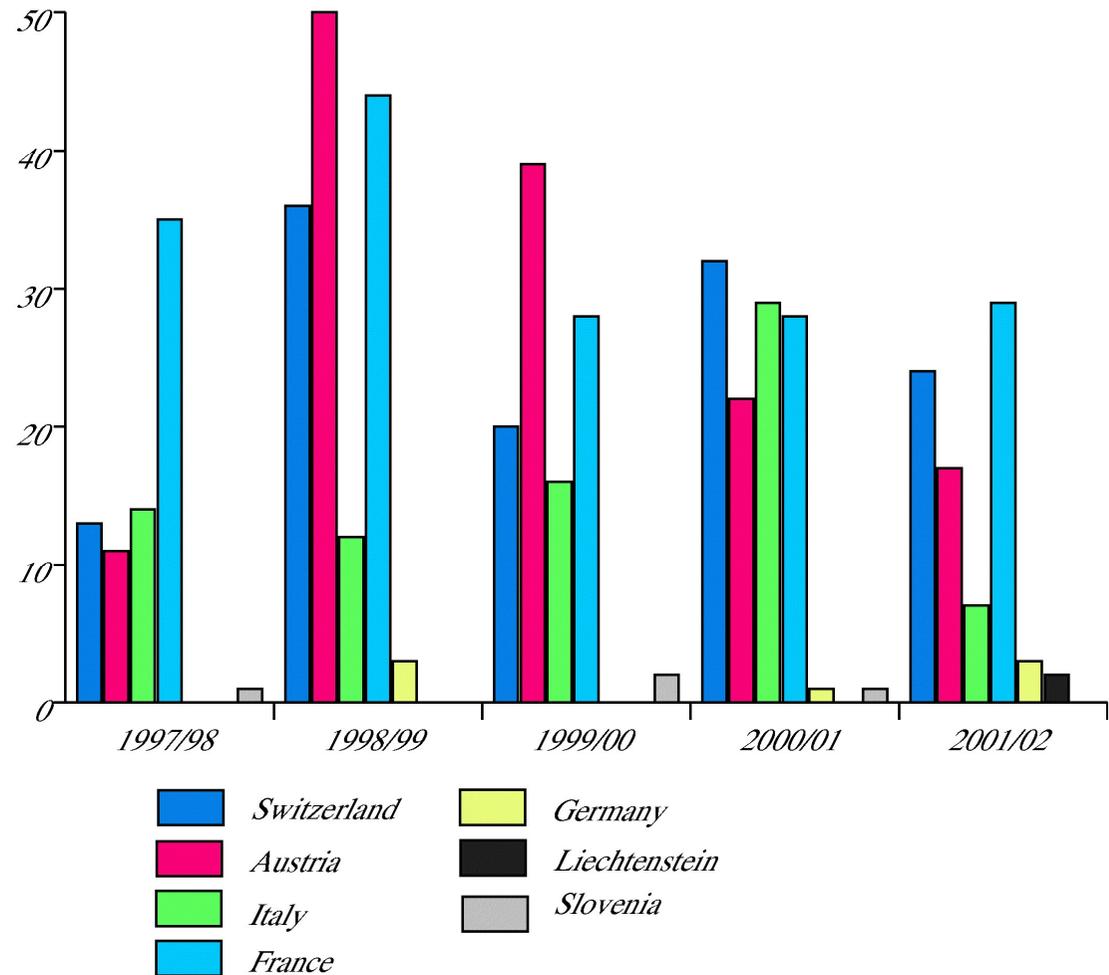
Snow belts

Precipitaciones sólidas

Number of fatalities

□ Los aludes.

- Representan el mayor riesgo para vidas y bienes en la montaña.



Precipitaciones sólidas

□ Los aludes.

- Masa de nieve y hielo que se desprende repentinamente de una ladera y que con frecuencia acarrea tierra, rocas y desechos de todo tipo.
- No es propiamente un fenómeno meteorológico, y en muchas ocasiones el desencadenante no es de origen natural, pero ...



Figura 24. Imágenes de aludes de nieve suelta y de placa (Fuente: www.avalanches.org)

Precipitaciones sólidas

□ Los aludes.

- Los factores meteorológicos son fundamentales para determinar el riesgo de aludes:
 - ✓ El viento: el factor meteorológico más importante que provoca la inestabilización de la nieve.
 - ✓ Acumula mayores espesores en lugares concretos durante una nevada.
 - ✓ Erosiona la capa de nieve a barlovento del obstáculo y la deposita a sotavento.

Precipitaciones sólidas

□ Los aludes.

- Los factores meteorológicos son fundamentales para determinar el riesgo de aludes:
 - ✓ Nevadas adicionales → el peso añadido de nieve nueva puede hacer que se fracture la capa que queda por debajo y provocar una avalancha.
 - ✓ La lluvia sobre nieve fresca
 - ✓ Aumento de las temperaturas → fusión debida a calentamiento por radiación solar o por temperaturas cálidas
- Fundamental conocer el estado de la nieve ya existente: si es muy estable, ni siquiera en condiciones significativas de viento, precipitación o calentamiento dará lugar a una avalancha.

Precipitaciones sólidas

□ Aludes.

- La primavera es la estación hay más aludes, pero también es más fácil la previsión del grado de estabilidad de la nieve.
 - ✓ Fusión de la nieve durante el día → infiltración del agua → recongelación durante la noche → forma un esqueleto que da estabilidad a la capa.
 - ✓ En estas condiciones, la nieve es estable durante las horas frías y se vuelve inestable en las horas más cálidas.

Precipitaciones sólidas

□ Aludes.

- Dos tipos: de nieve suelta, y de placa (figura 24).
- Aludes de nieve suelta: superficiales y no causar daños graves.
- Aludes de placa: un gran bloque de nieve se fractura y se desliza, mucho más peligrosos.
- Se subdividen en tres tipos, de placa blanda (nieve nueva, poco compactada), de placa dura (nieve muy compactada y de mayor densidad), y de placa húmeda (bloque que contiene una cantidad significativa de agua). La velocidad de estos últimos suele ser menor que la de los aludes de nieve seca, pero el impacto con los obstáculos suele ser importante, debido a la alta densidad de la nieve húmeda.

Precipitaciones sólidas

□ Aludes.

Tamaño	Nombre	Clasificación según la zona de llegada	Clasificación según el daño potencial	Clasificación cuantitativa
Tamaño 1	Purga	Acumulación de nieve sin peligro de enterrar pero con peligro de caída.	Relativamente inofensivo para las personas.	Longitud < 50m, volumen < 100m ³
Tamaño 2	Alud pequeño	El alud se para en la pendiente.	Puede enterrar, herir o matar a una persona.	Longitud < 100m, volumen < 1.000m ³
Tamaño 3	Alud mediano	El alud alcanza el final de la pendiente.	Puede enterrar o destruir un coche, causar daños a un camión, destruir un edificio pequeño o romper un número pequeño de árboles.	Longitud < 1.000m, volumen < 10.000m ³
Tamaño 4	Alud grande	El alud atraviesa zonas planas (considerablemente por debajo de 30 °) una distancia > 50m y puede llegar al fondo de valle.	Puede enterrar y destruir un vagón de tren, un camión grande, varios edificios o una parte de bosque.	Longitud ~1-2km, volumen < 100.000m ³
Tamaño 5	Alud muy grande	Llega al fondo de valle. Alud más grande conocido.	Puede modificar el paisaje. Posibilidad de daños desastrosos.	Longitud ~3km, volumen > 100.000m ³

Figura 25. Clasificación de los aludes por su magnitud. (Fuente: www.avalanches.org)



TEMA 2.7

Galernas



TIEMPOS Y CLIMAS EXTREMOS

Taller

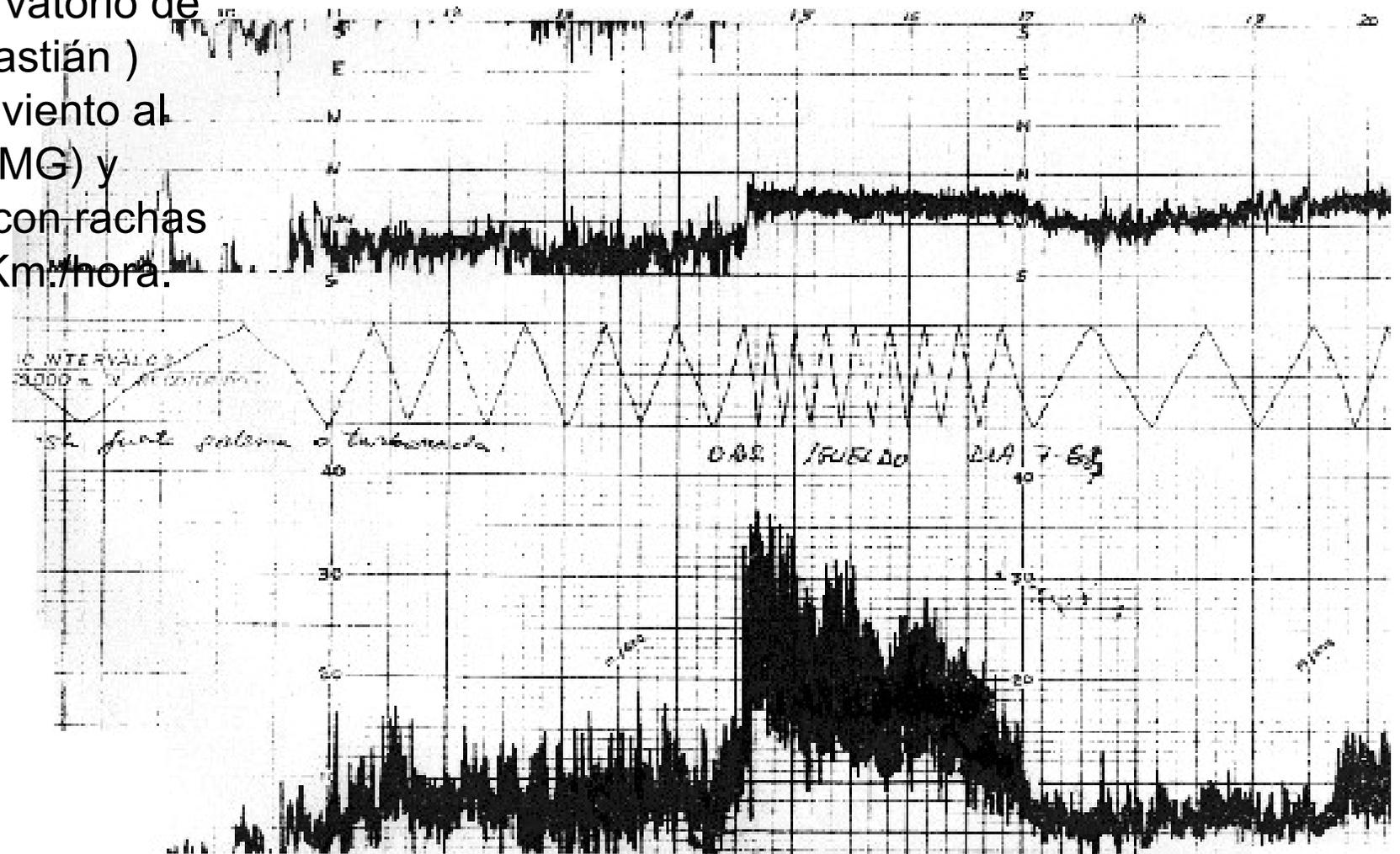
Galernas

□ Definición.

- Viento súbito, fuerte o muy fuerte y racheado (> 80 km/h; cuando no sobrepasan 60 km/h se les denomina galernillas) a veces acompañado de precipitaciones,
- Típico del área Cantábrica → en Francia se le llama galerne o "entrée maritime subite!".
- Se engloba dentro de las denominadas Perturbaciones Atrapadas en la Costa (PAC - *Coastal Trapped Disturbance*).

Galernas

07/06/1987. Observatorio de Igueldo (San Sebastián)
Virazón súbita del viento al NW a las 14-35 (TMG) y viento muy fuerte con rachas superiores a 130 Km/hora.



Galernas

<http://www.youtube.com/watch?v=kJ1kKHIGtvE>

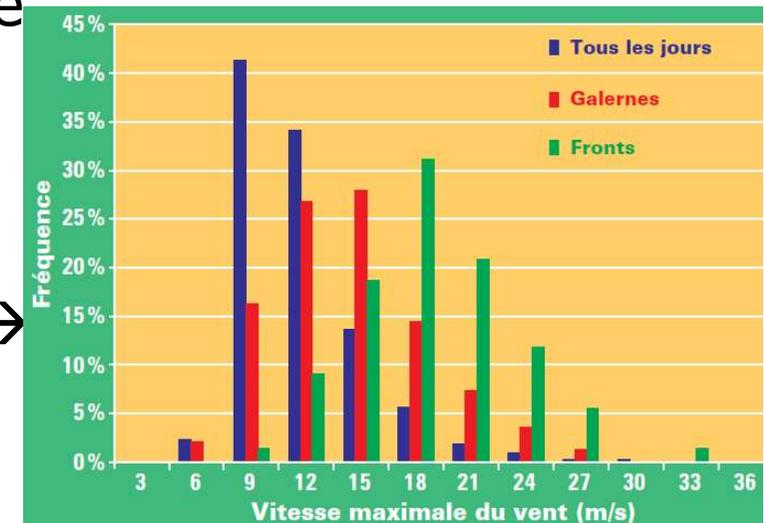
<http://www.youtube.com/watch?v=Me0jrrK9IZQ>

<http://www.youtube.com/watch?v=vz36QX84wSg>

Galernas

□ Definición.

- Peligrosidad:
 - ✓ Fenómeno sorpresivo que corta de manera brusca un tiempo apacible y generalmente caluroso (difícil predicción)
 - ✓ No sólo la fuerza del viento, sino la rapidez con que gira y arrecia → rápido empeoramiento del estado de la mar (zozobran embarcaciones de poco porte, pone en peligro operaciones de aterrizaje y despegue de los



aeropuertos, playas, etc.

TIEMPOS Y CLIMAS EXTREMOS

Taller

Galernas

Las galernas | Las más crueles

escenas



La Galerna del Sábado de Gloria

El 20 de abril de 1878, toda la población pescadora de Santander se agolpaba en los puertos y en la costa viendo como sus familiares intentaban ganar la costa a bordo de las lanchas y traineras. 322 pescadores perdieron la vida.

La Galerna de 1912

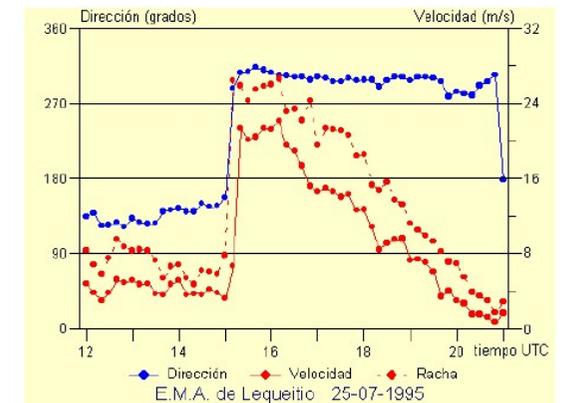
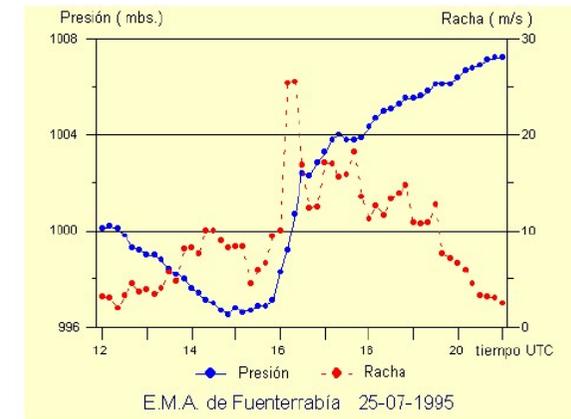
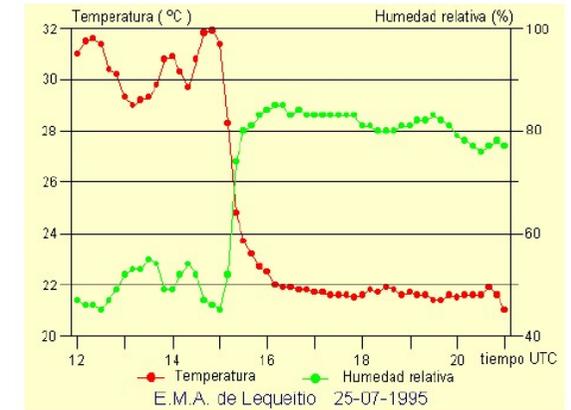
En la galerna ocurrida el 12 de agosto de 1912 a escasas cincuenta millas al norte de Cabo Matxitxako, 143 arrantzales (vecinos de Bermeo) fallecieron mientras muchos de ellos faenaban.



Galernas

□ Definición.

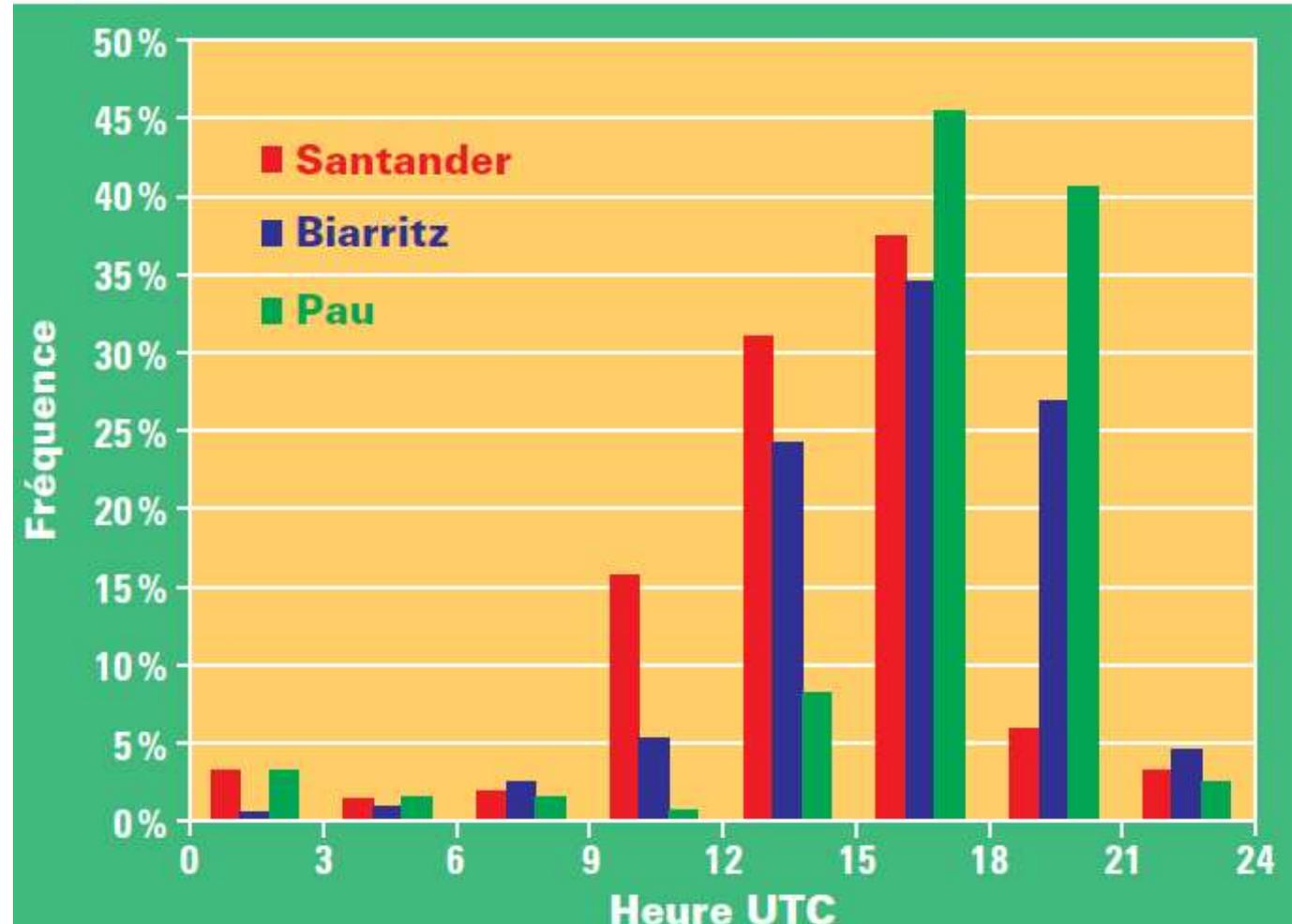
- Acompañado de
 - ✓ Descensos bruscos de temperatura de hasta 12°C en 20 minutos y la humedad relativa aumenta hasta el 100%.
 - ✓ Poco después del cambio de viento suele producirse la entrada de estratos bajos y bruma.
- Fenómeno primaveral o estival



Galernas

□ Definición.

- Máxima intensidad vespertina
- Aumento frecuencia hacia el E



Galernas

❑ Características.

- Zona afectada.



1 De Avilés a Cabo Mayor
El viento no llega a la
escala de fuerte

2 Entre Ontón y Biarritz
Zona de máxima intensidad
(vientos cercanos a
los 100 km/h)

3 De Biarritz en adelante
Fase de disipación
de la galerna

Galernas



GALERNAS TÍPICAS

No se forman al paso de un frente, por lo que no suelen dejar precipitaciones.

Época del año: de junio a septiembre. Mucho más frecuentes en julio y agosto.

Momento del día: nunca antes del mediodía, raramente por la noche, casi siempre por la tarde.



Génesis y formación: probablemente se generan en las primeras 20 millas marítimas, que curiosamente viene a coincidir con la frontera entre las aguas litorales y el talud continental.

Desplazamiento: de NW a Sur o de NW a SE con un avance muy rápido.

Extensión: son perceptibles a 10 ó 15 millas mar adentro, y hasta 10 millas tierra adentro.

Duración: aparecen bruscamente (por eso son las más peligrosas) y tienen una duración entre 35 y 90 minutos. Pueden desaparecer tan bruscamente como aparecieron.

Galernas



GALERNAS FRONTALES

Son más intensas porque se producen al paso de un frente y suelen ir acompañadas de lluvias y tormentas.

Época del año: de abril a octubre. Más frecuentes entre julio y agosto.

Momento del día: cualquier momento, con mayor riesgo a la tarde o a la noche.



Génesis y formación: en el Cantábrico occidental, agudizándose cuanto más al Este se desplacen.

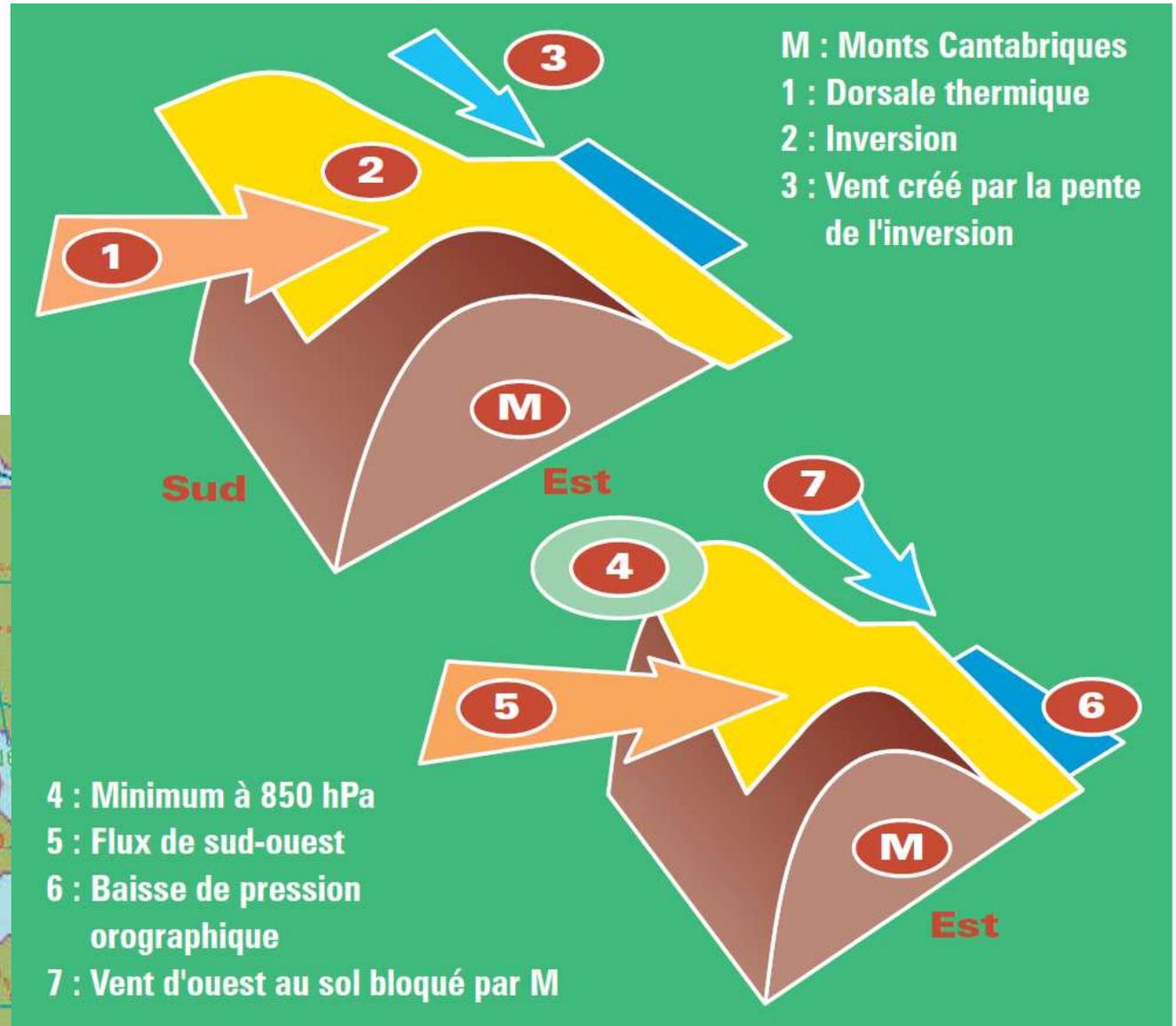
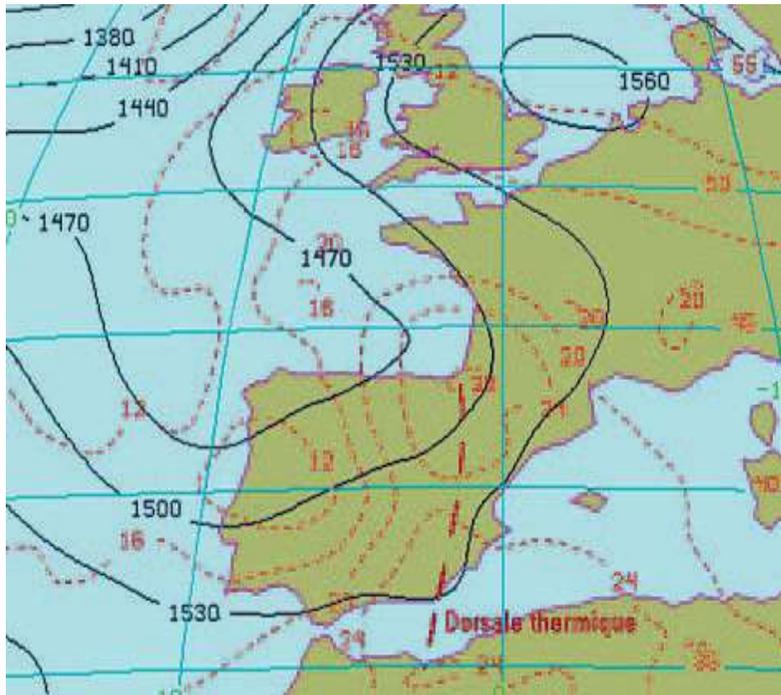
Desplazamiento: de Oeste a Este. Rápido desplazamiento.

Extensión: desde 20 ó 40 millas mar adentro, hasta 5 millas de faja litoral.

Duración: los vientos van arreciando desde 2 ó 4 horas antes de su llegada. Las galernas con el viento del NW tienen una duración de entre 45 y 90 minutos. Luego amainan gradualmente y pueden calmarse por completo en unas 4 horas.

Galernas

□ Mecanismos

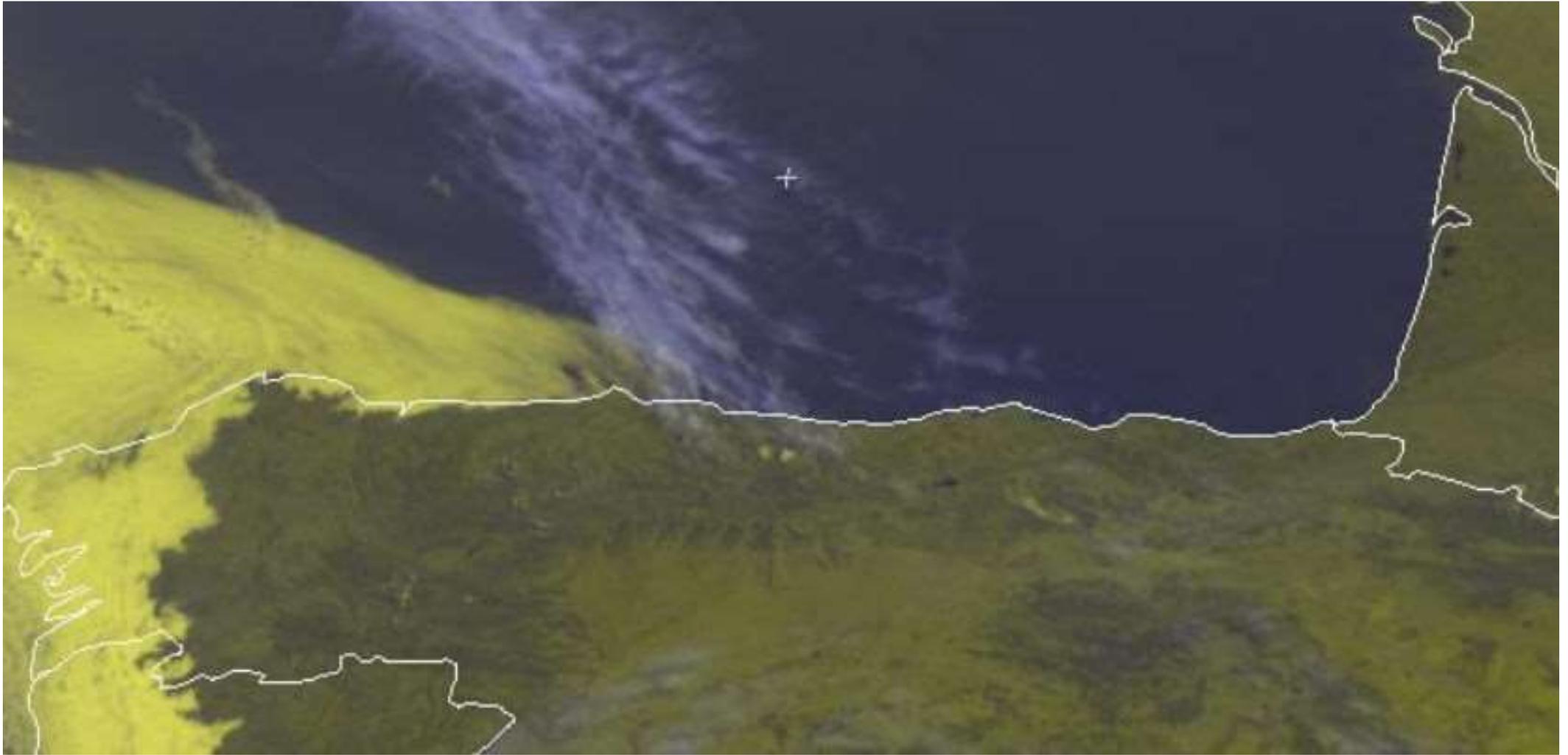


Galernas

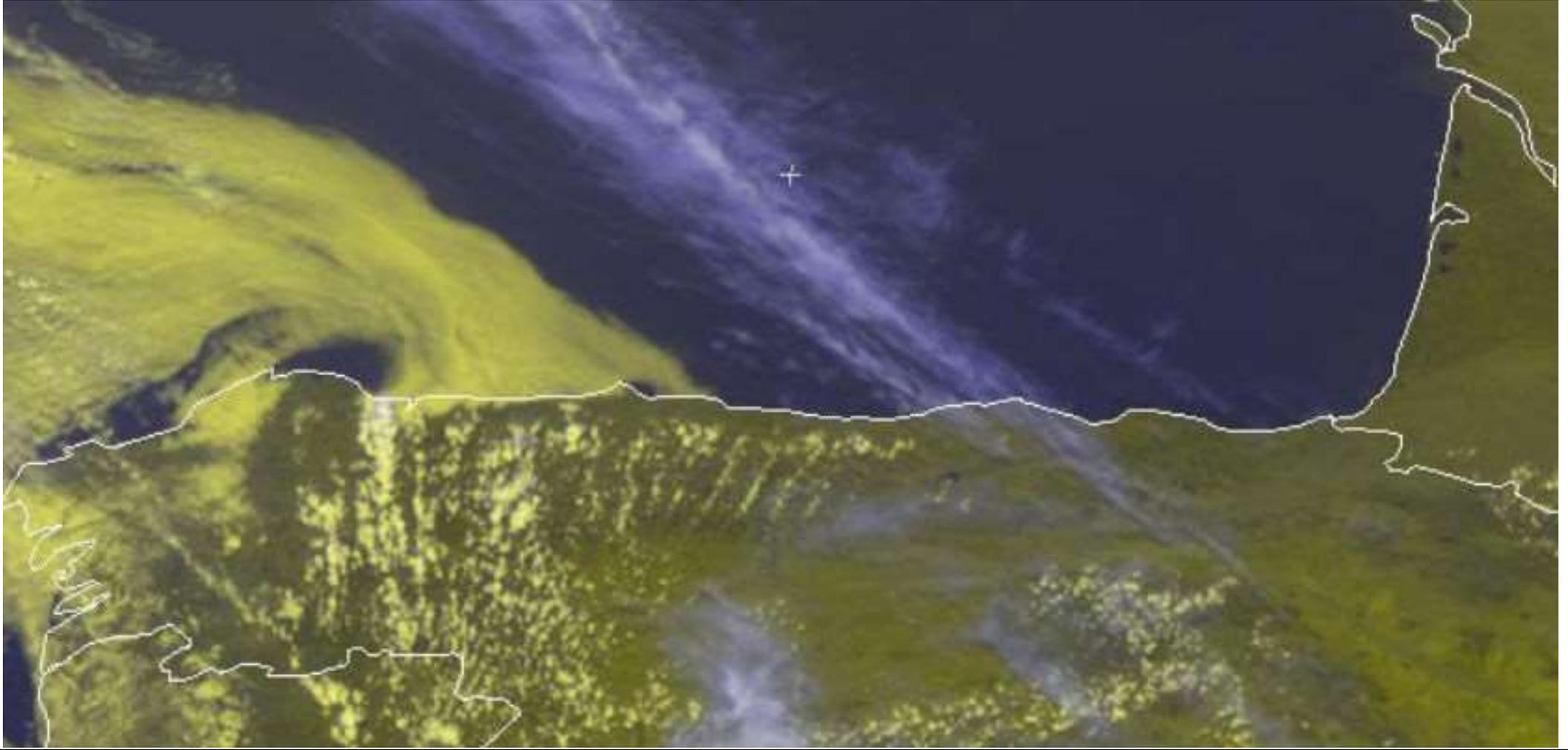
□ Fenómenos similares

- CTD (Coastal Trapped Disturbance) o también coastally trapped wind reversals
- Coastal Surges → costa W EEUU (Mass y Albright, 1987),
- Leader front → costa E Sudáfrica (Gill, 1977),
- Coastal Ridging y Southerly Buster → costa E Australia (Colquhoun, Shepherd y otros, 1985).
- Costa de Andalucía Oriental → entradas bruscas de viento de Levante (Sánchez-Laulhe y Polvorinos, 1995) → marco geográfico similar → barrera montañosa paralela a la costa.

Galernas



Galernas



Galernas



Galernas

□ Análisis de galernas famosas

- 7 junio 1987.
- 12 de julio de 1961.
- 12 agosto de 1912.
- 20 abril 1878 Sábado de Gloria en Santanderla a la costa.