

Fenómenos meteorológicos de latitudes medias

Tema 8 (II)
Climatología, 2019
Santiago de Mello

Fenómenos meteorológicos de latitudes medias

Objetivo: describir los fenómenos meteorológicos de latitudes medias.

Contenido:

- 1) Ciclones y Anticilones extratropicales
- 2) Frentes fríos y cálidos
- 3) Tormentas y fenómenos de tiempo severo

Fenómenos meteorológicos de latitudes medias

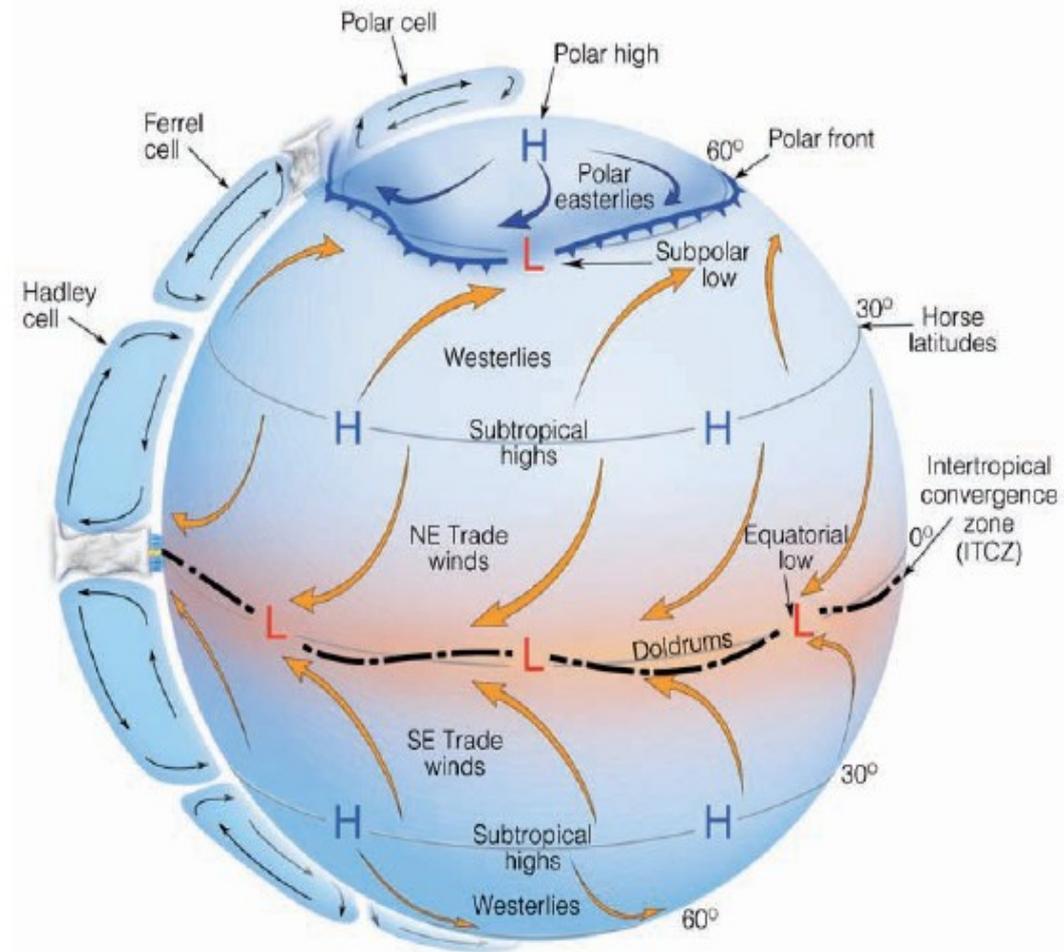
Objetivo: describir los fenómenos meteorológicos de latitudes medias.

Contenido:

- 1) Ciclones y Anticilones extratropicales
- 2) Frentes fríos y cálidos
- 3) Tormentas y fenómenos de tiempo severo

Ciclones y Anticilones extratropicales

Repaso:



Ciclones y Anticilones extratropicales

• Ciclón

- Centro de bajas presiones ($P < 1013 \text{ hPa}$) alrededor del cuál rotan los vientos, en sentido horario en el hemisferio sur y antihorario en el norte.
- En los ciclones, el aire en superficie tiende a converger hacia el centro del mismo y ascender en la vertical.
- Asociados a la presencia de nubosidad, precipitaciones y vientos.

• Anticiclón

- Centro de altas presiones ($P > 1013 \text{ hPa}$) alrededor del cuál rotan los vientos, en sentido antihorario en el hemisferio sur y horario en el norte.
- En los anticiclones, el aire en superficie tiende a divergir a la misma vez que se produce subsidencia (descenso) de aire en la vertical.
- Asociados a la presencia de buen tiempo, cielos prácticamente despejados y vientos débiles o inexistentes.

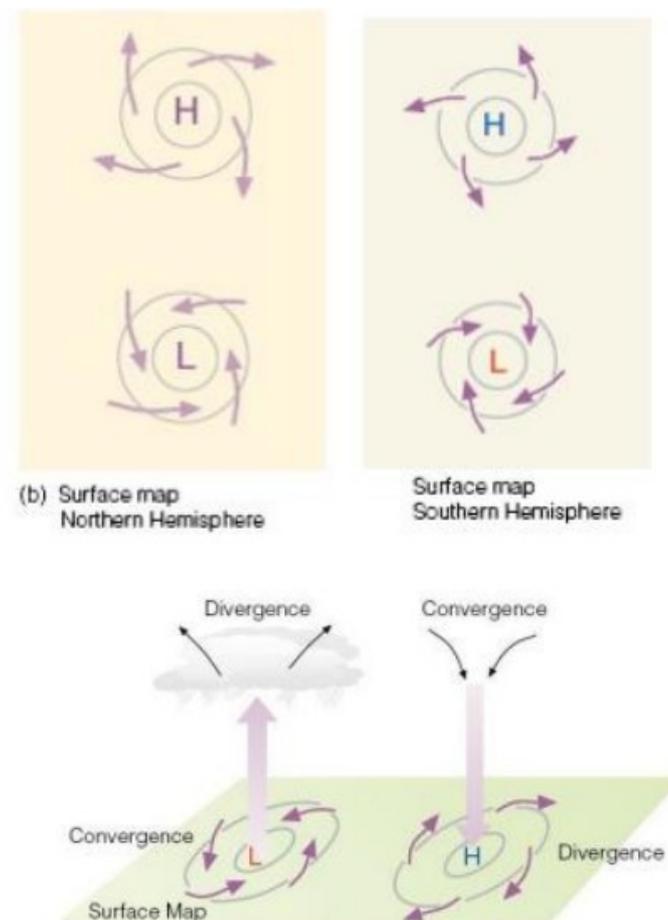


FIGURE 6.21

Winds and air motions associated with surface highs and lows in the Northern Hemisphere.

Hemisferio Norte

Circulación de vientos en ciclones y anticiclones

- **Ciclón**
 - Centro de bajas presiones ($P < 1013 \text{hPa}$) alrededor del cuál los vientos **rotan en sentido horario en el hemisferio sur y antihorario en el norte.**
- **Anticiclón**
 - Centro de altas presiones ($P > 1013 \text{hPa}$) alrededor del cuál los vientos **rotan en sentido antihorario en el hemisferio sur y horario en el norte.**

Repaso de ecuaciones de la circulación general (ver notas tema 6)

$$\frac{D\vec{U}}{Dt} = \underbrace{-\frac{1}{\rho} \cdot \nabla P}_{\text{fuerza gradiente presiones}} - \underbrace{2\vec{\Omega} \times \vec{U}}_{\text{fuerza Coriolis}} - \underbrace{g\vec{k}}_{\text{fuerza gravedad}} + \underbrace{\vec{F}_r}_{\text{fuerza rozamiento}}$$



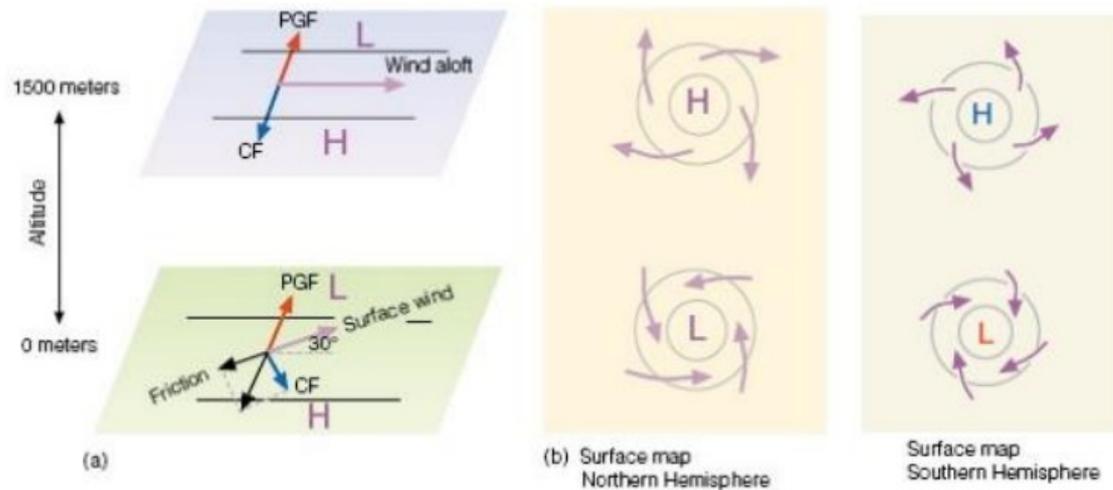
$$v_g = \frac{1}{f\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial x}$$
$$u_g = -\frac{1}{f\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial y}$$

Viento geostrófico

Circulación de vientos en ciclones y anticiclones

¿Qué pasa si nos encontramos dentro de la capa límite?

- La fuerza de rozamiento ya no podemos despreciarla
- El rozamiento con la topografía debilita la intensidad del viento
- El viento ya no se mueve paralelo a las isobaras sino que las corta formando un ángulo de aproximadamente 30° .



El aire en niveles bajos (dentro de la capa límite) corta a las isobaras “entrando” en el caso de los centros de baja presión, o “saliendo” en el caso de los centros de altas presiones.

Circulación de vientos en ciclones y anticiclones

Vientos y movimiento vertical del aire

Debido a la fricción, alrededor de un **centro de baja** en superficie, se genera **convergencia**, y el aire asciende. En altura hay **divergencia**. Lo opuesto ocurre alrededor de un **centro de alta** en superficie. Hay descenso (o **subsistencia**) del aire. Hay **divergencia** en superficie, y **convergencia** en altura.

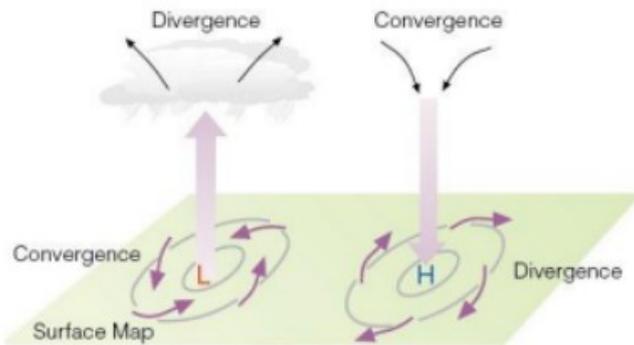
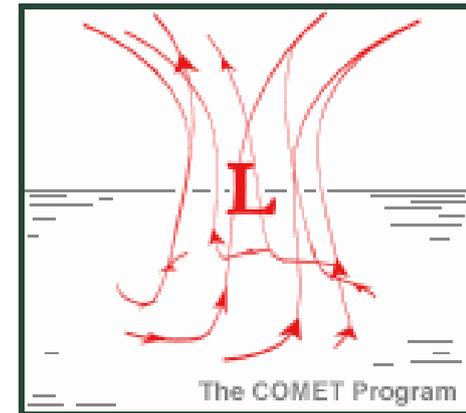


FIGURE 6.21
Winds and air motions associated with surface highs and lows in the Northern Hemisphere.

Hemisferio Norte

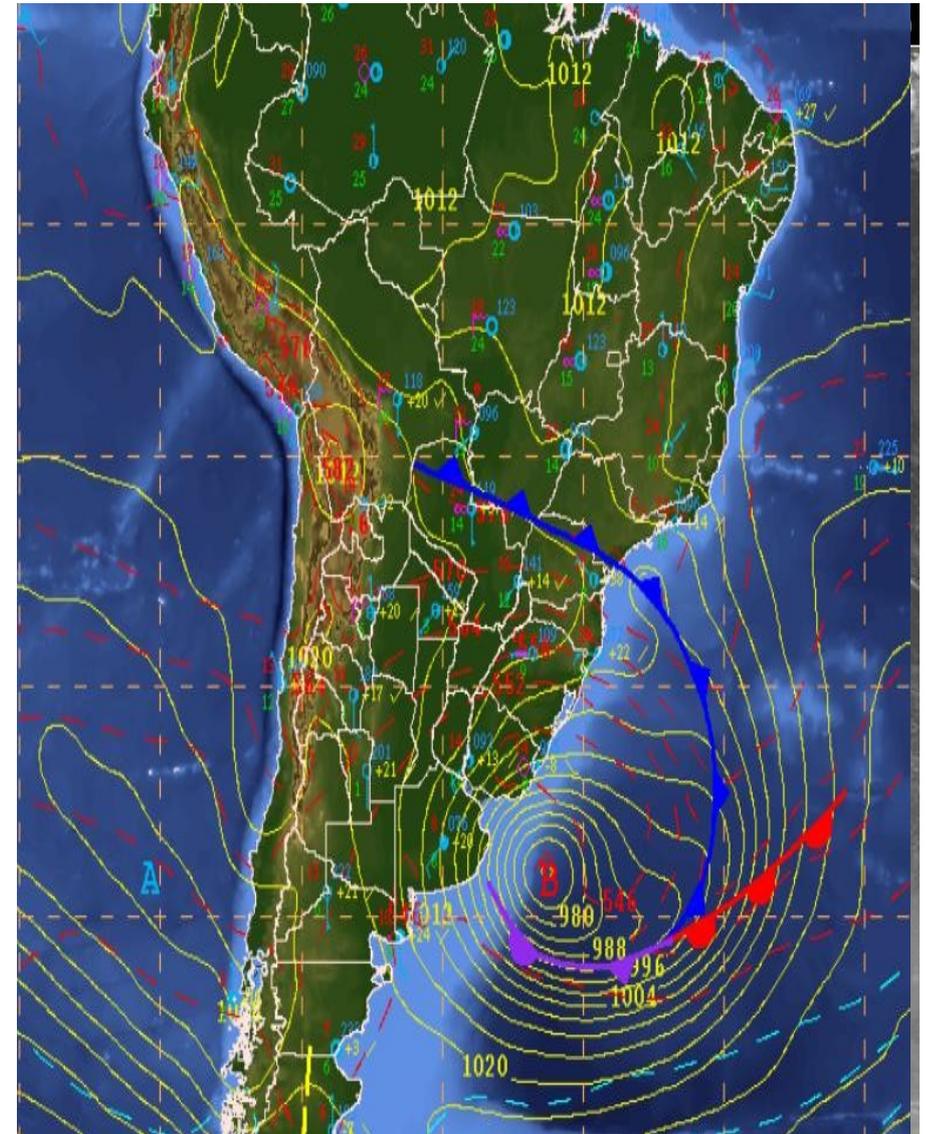
El movimiento vertical es de unos centímetros por segundo, mucho menor que la velocidad del viento horizontal, que es del orden de 10 m/s.



En Uruguay:

- Ciclones extratropicales (bajas presiones)

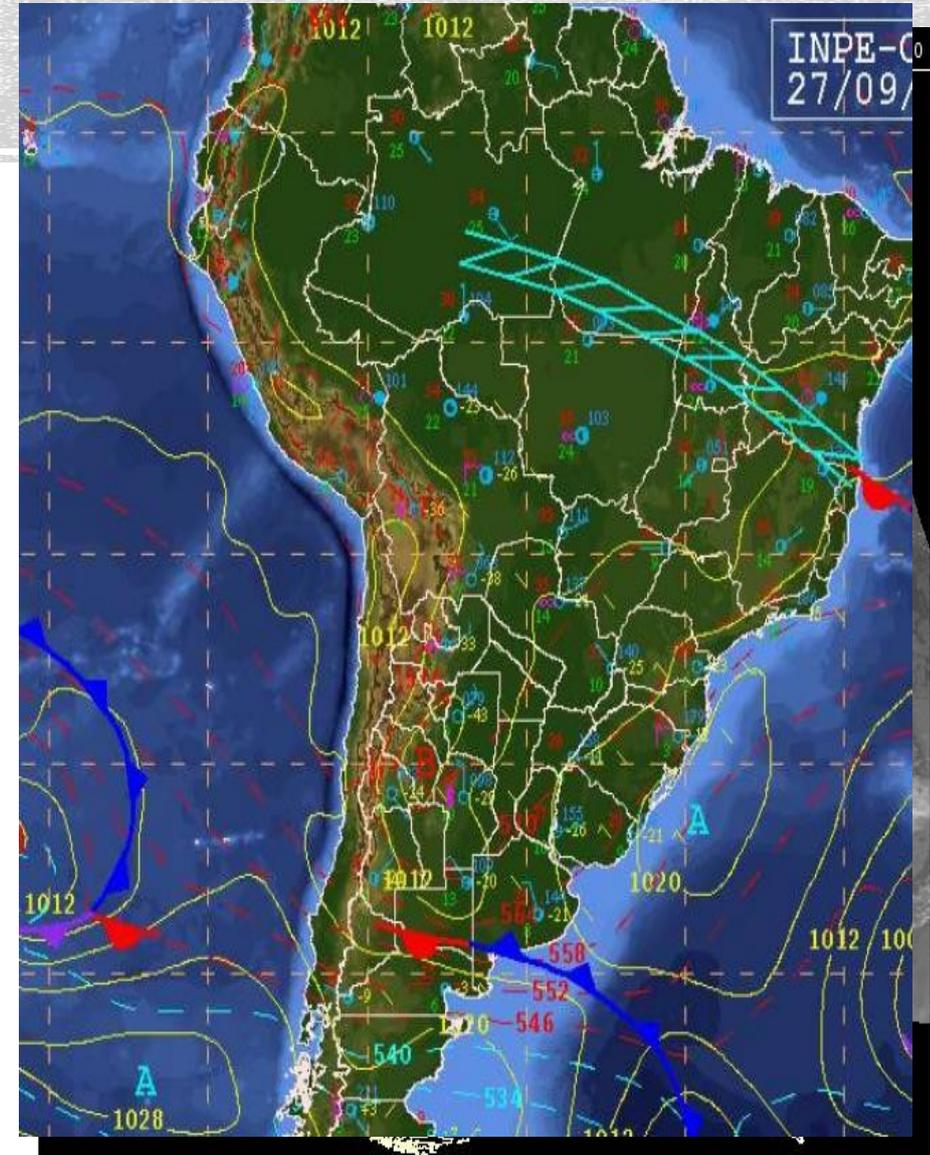
Google:



13-14 setiembre
(2 días - 2000Km)

Ciclones y Anticilones extratropicales

Sistemas de Altas presiones



25-27 setiembre
(2-3 día - 2500Km)

Ciclones y Anticilones extratropicales

El aire ascendente puede producir (en presencia de humedad) condensación, formación de nubes y precipitación, por lo que **un ciclón (o depresión) en superficie suele estar asociado con atmósfera inestable y mal tiempo.**

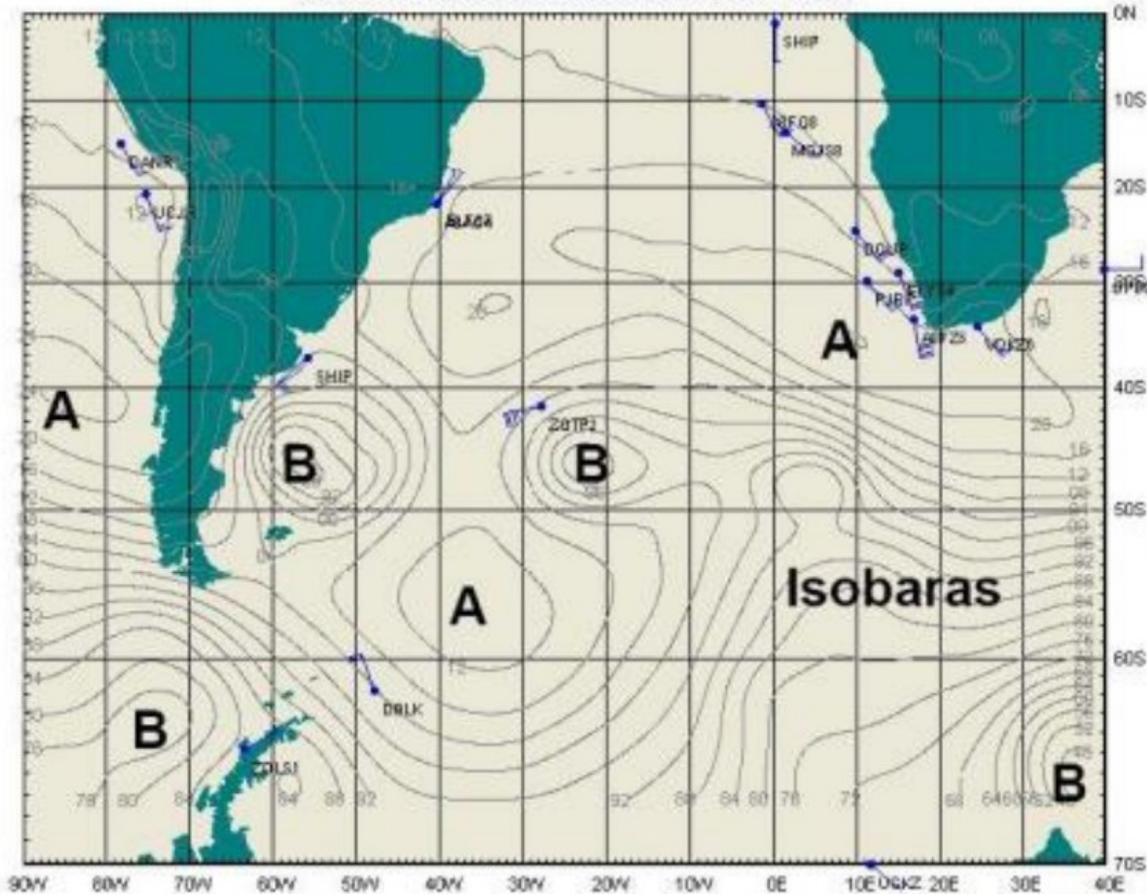
Para que en latitudes medias se desarrollen e intensifiquen los **ciclones (extratropicales)** es necesario que en niveles altos y por encima de donde en superficie se genera la tormenta, exista divergencia de viento.

Tales áreas de divergencia en niveles altos pueden ser proporcionadas por el jet.

Por el contrario, en un anticiclón en superficie hay divergencia del viento y subsidencia que es generada por una convergencia en altura. **La subsidencia comprime el aire, por lo que se calienta, evitando la formación de nubes y produciendo buen tiempo.**

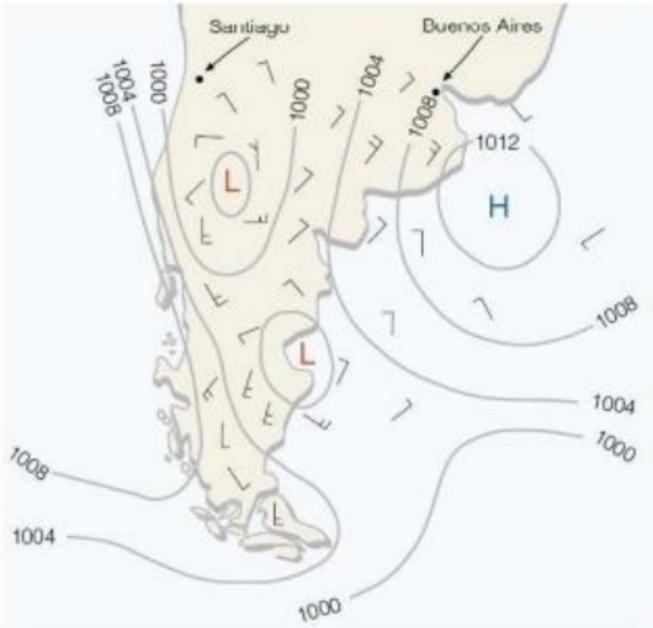
Ejemplos

Marine Observations valid for March 21, 2005 12 GMT
Model Pressures Valid for March 21, 2005 12 GMT (6 Hour Forecast)

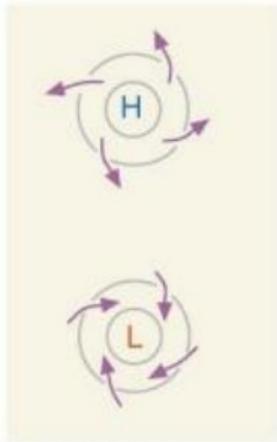


- El campo de presión ayuda a conocer la dirección de los vientos. Éstos, fuera de la capa límite se desplazan paralelos a las isobaras girando en sentido horario (antihorario) alrededor de los centros de bajas (altas) presiones. Este sentido se corresponde con los centros de altas y bajas presiones del HS. Lo contrario ocurre en el HN.
- Dentro de la capa límite (primero 1500m de altura) los efectos de la fricción toman relevancia y el viento deja de ser completamente paralelo a las isobaras. En este caso corta a las mismas formando un ángulo de 30°.

Ciclones y Anticilones extratropicales



(a)

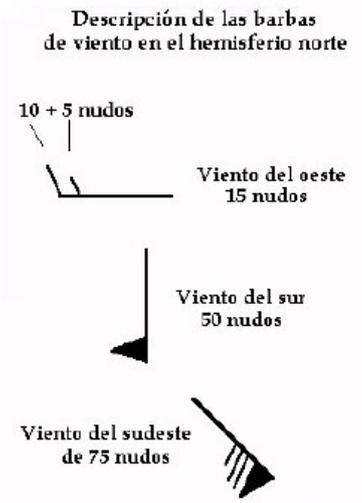


Surface map Southern Hemisphere

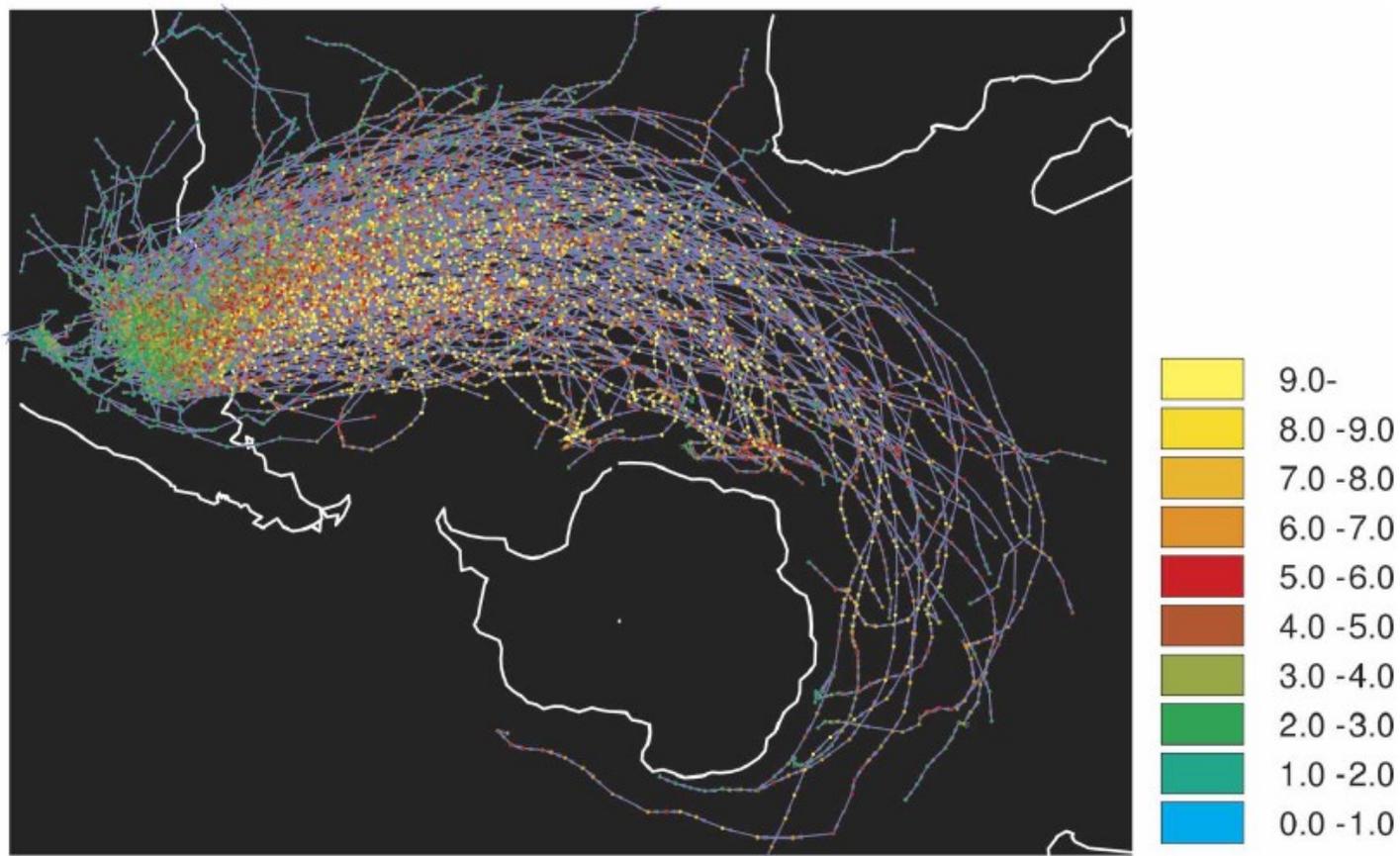
(b)

FIGURE 6.20
 (a) Surface weather map showing isobars and winds on a day in December in South America. (b) The boxed area shows the idealized flow around surface-pressure systems in the Southern Hemisphere.

Velocidad	Dirección		
	< 5 nudos		Este
	5 nudos		Sur
	10 nudos		Oeste
	15 nudos		Norte
	20 nudos		

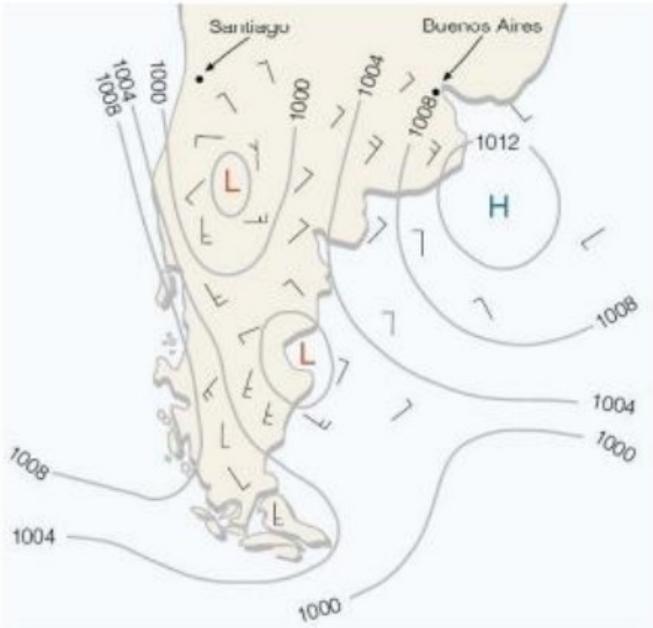


Ciclones y Anticilones extratropicales

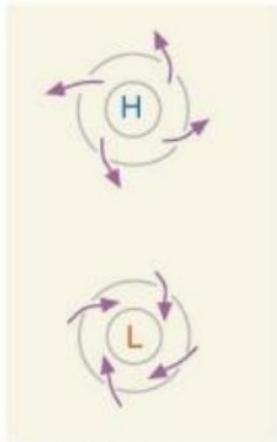


(a)

Ciclones y Anticilones extratropicales



(a)

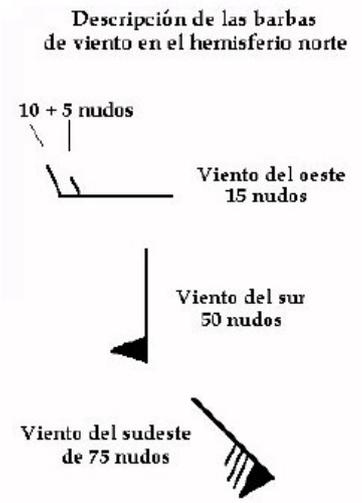


Surface map Southern Hemisphere

(b)

FIGURE 6.20
 (a) Surface weather map showing isobars and winds on a day in December in South America. (b) The boxed area shows the idealized flow around surface-pressure systems in the Southern Hemisphere.

Velocidad	Dirección
< 5 nudos	Este
5 nudos	Sur
10 nudos	Oeste
15 nudos	Norte
20 nudos	



Fenómenos meteorológicos de latitudes medias

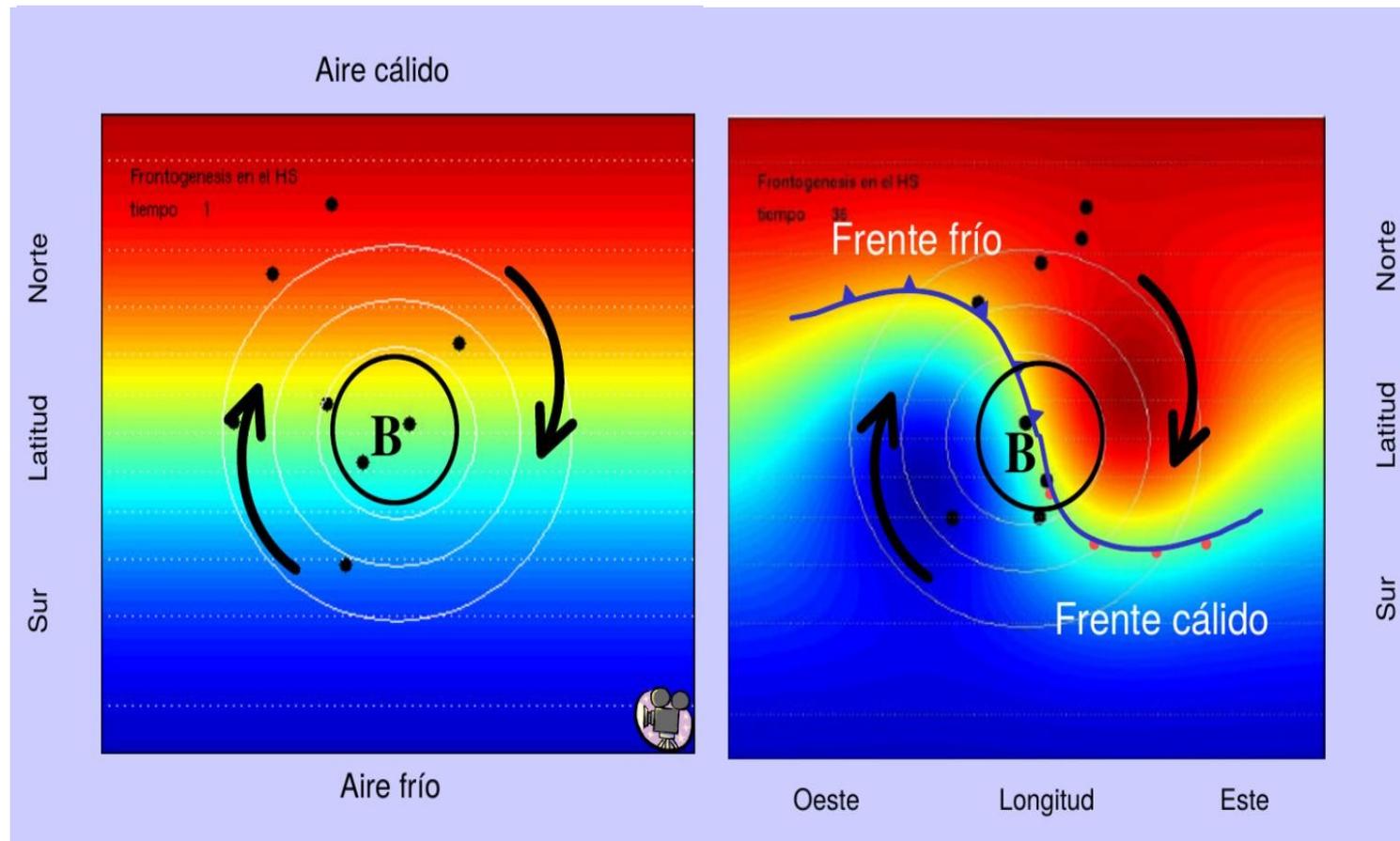
Objetivo: describir los fenómenos meteorológicos de latitudes medias.

Contenido:

- 1) Ciclones y Anticilones extratropicales
- 2) Frentes fríos y cálidos
- 3) Tormentas y fenómenos de tiempo severo

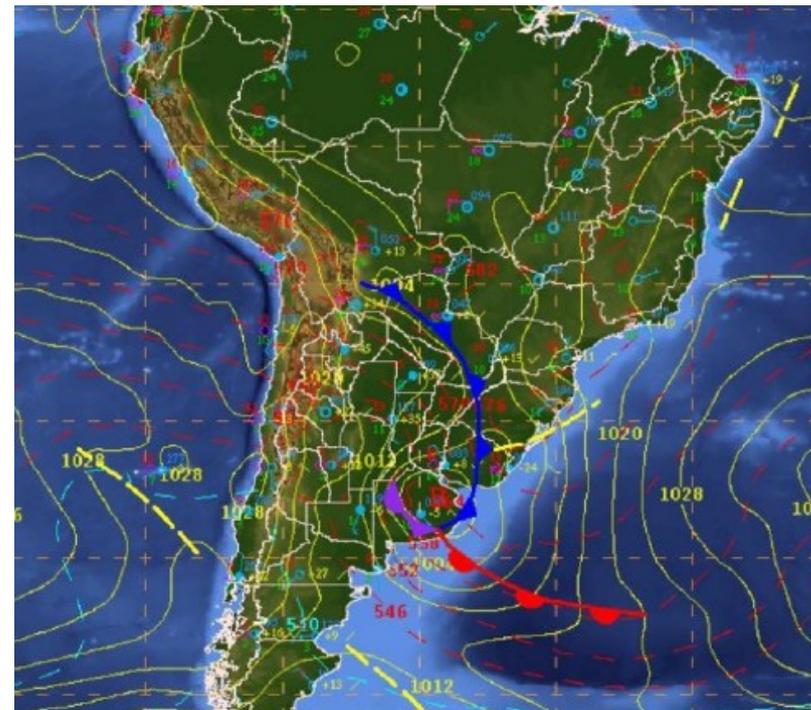
Frentes fríos y cálidos

Están asociados a bajas presiones



Definición de frentes

Zona de transición entre dos masas de aire de diferentes densidades (temperaturas) y, con frecuencia, también diferentes humedades. A tal zona se le conoce como zona frontal (superficie frontal), aunque en meteorología se suele utilizar el término de frente.



Frentes fríos y cálidos

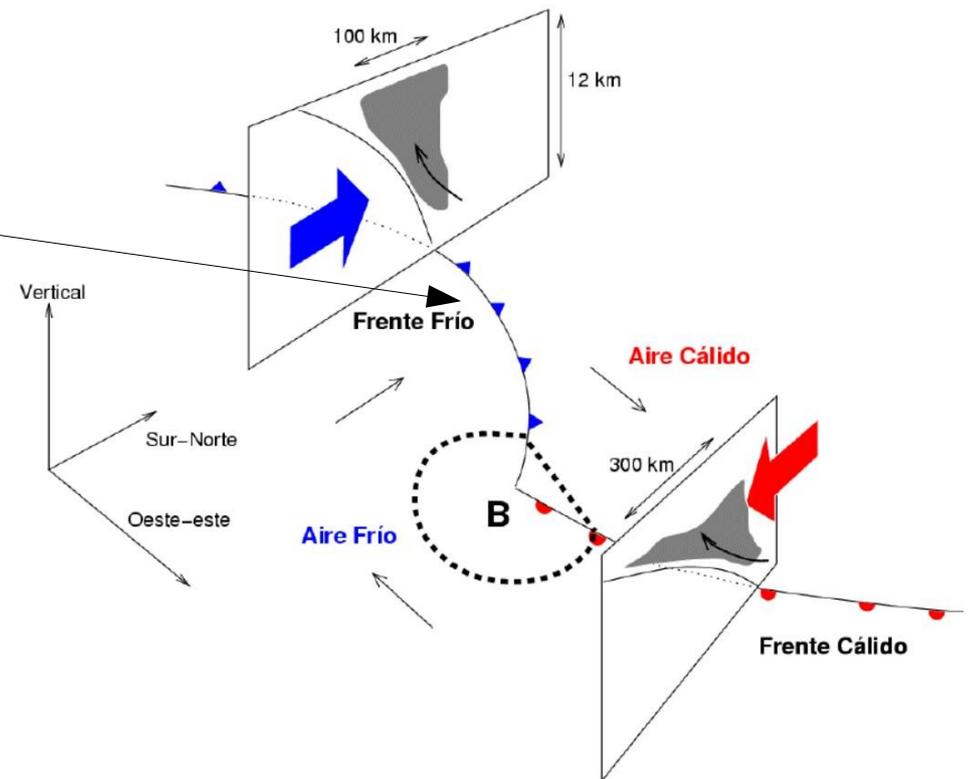
Están asociados a bajas presiones

La masa de aire frío avanza desplazando el aire cálido del lugar. Lo reemplaza por el frío de ella misma. El aire cálido normalmente asciende sobre el aire frío.

Símbolo frente frío:

Inclinación promedio de frentes fríos: 1:50 ó 1:100 típicamente (mayor que la del frente cálido)

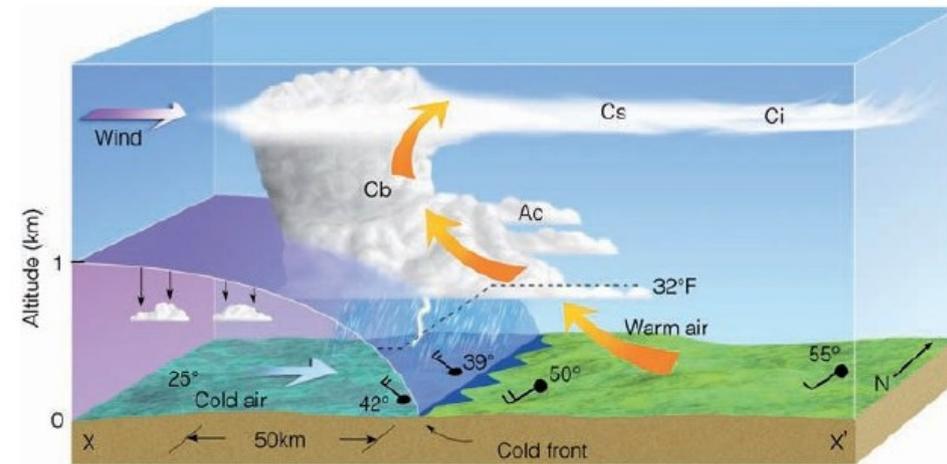
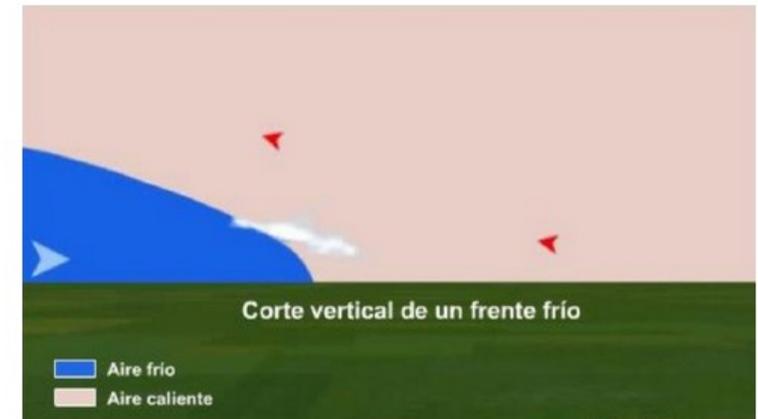
Velocidad promedio frentes fríos: 35km/h (mayor que la del frente cálido)



Modelo de Frente Frío

• FRENTE FRÍO

- La llegada de un frente frío marca un cambio en las condiciones atmosféricas.
- Conforme el frente frío avanza, la masa de aire cálido y más húmedo se ve forzado a ascender por encima de la (masa de aire) fría. Este ascenso de aire húmedo y condicionalmente inestable produce condensación del vapor de agua, liberando calor latente y aumentando el empuje del aire apreciablemente. Como consecuencia, sobre el frente se pueden generar nubes de tipo cumuliformes (cumulonimbos y altocúmulos) que tienen asociados fuertes chaparrones y violentas ráfagas de viento.
- Los fuertes vientos en altura pueden soplar los cristales de hielo que se forman cerca del tope del cumulonimbos (Cb) dando lugar a la aparición de cirrostratos (Cs) y cirros (Ci) delante del frente. El frente suele tardar poco en llegar desde que se observan estas nubes.
- Detrás del frente frío, el tiempo está dominado por subsidencia de aire relativamente frío, dando paso a cielos más claros después del paso del frente.
- Aunque éstas son las características típicas de los frentes fríos, siempre pueden existir excepciones. Por ejemplo, si el aire cálido que asciende en un frente frío es más seco y estable se tenderán a producir nubes más dispersas sin existencia de precipitaciones.



Modelo de Frente Cálido

El aire húmedo del sector cálido fluye por encima de la masa de aire frío y gradualmente la va desplazando.

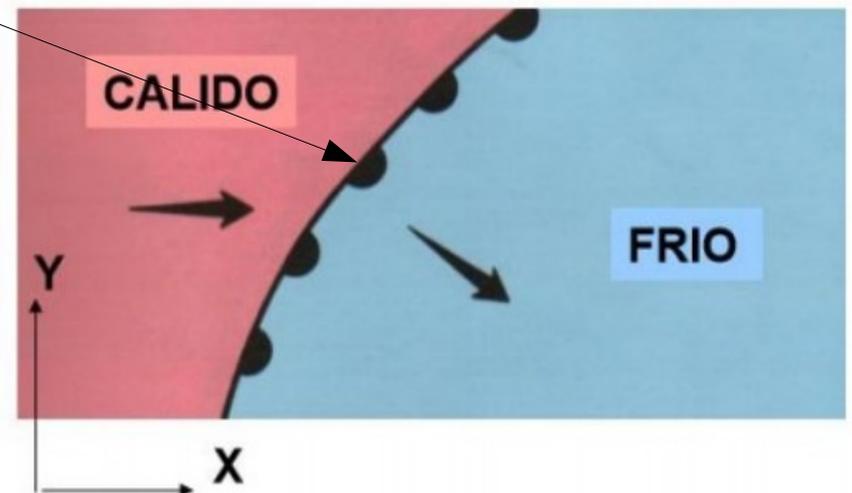
Símbolo:

Pendiente: 1:200 (menor que la del frente frío)

Velocidad: 25km/h

Estas diferencias en cuanto a la velocidad y la pendiente de los frentes cálidos y fríos se va a traducir en cambios más violentos del tiempo en el caso de los fríos.

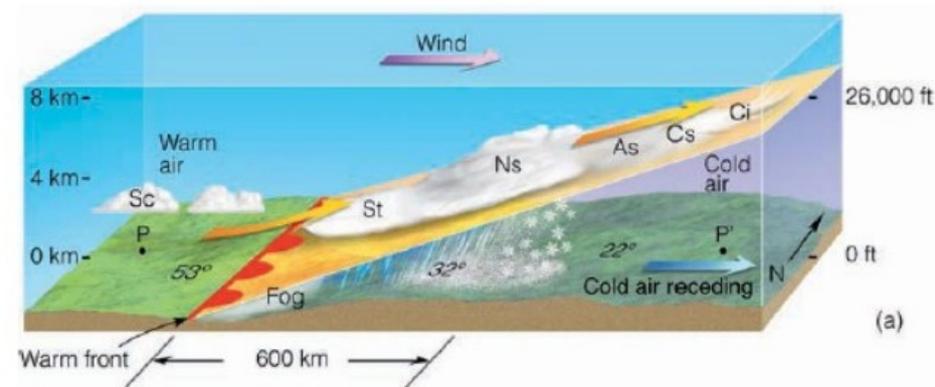
Hemisferio Sur



Modelo del frente cálido

• FRENTE CÁLIDO

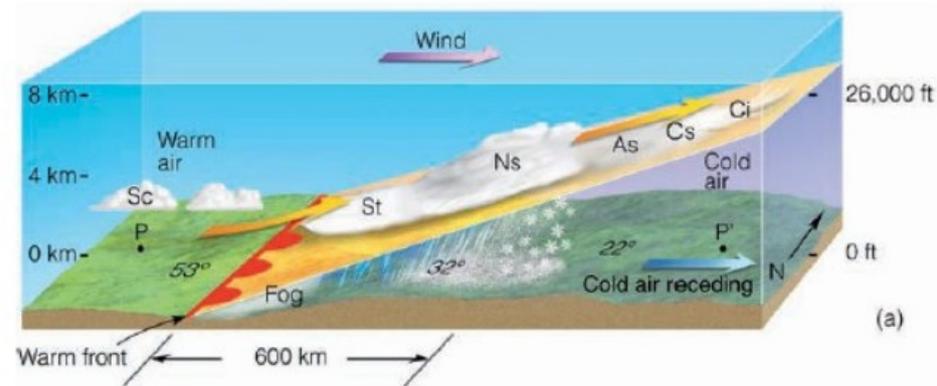
- Cuando el aire cálido asciende, se expande y enfría adiabáticamente, haciendo que la humedad se condense en nubes y pueda darse lugar a precipitaciones.
- La estabilidad o inestabilidad de la masa de aire cálido puede modificar los tipos y abundancia de las nubes (podría no haber lluvia si el aire es seco y estable).
- La primera señal de aproximación de un frente cálido son las nubes cirrus (Ci) que aparecen antes de la llegada del frente (unos 1000km antes). Conforme el frente avanza, sin haber llegado al punto en el que nos encontramos, empiezan a aparecer cirroestratos (Cs), cuyos cristales de hielo hacen que aparezca una especie de halo alrededor del sol. Posteriormente (conforme se acerca más el frente), empiezan a verse nubes más bajas: altocúmulos (Ac) y altoestratos (As) que dan al cielo un aspecto más nublado y gris.



Modelo del frente cálido

• FRENTE CÁLIDO

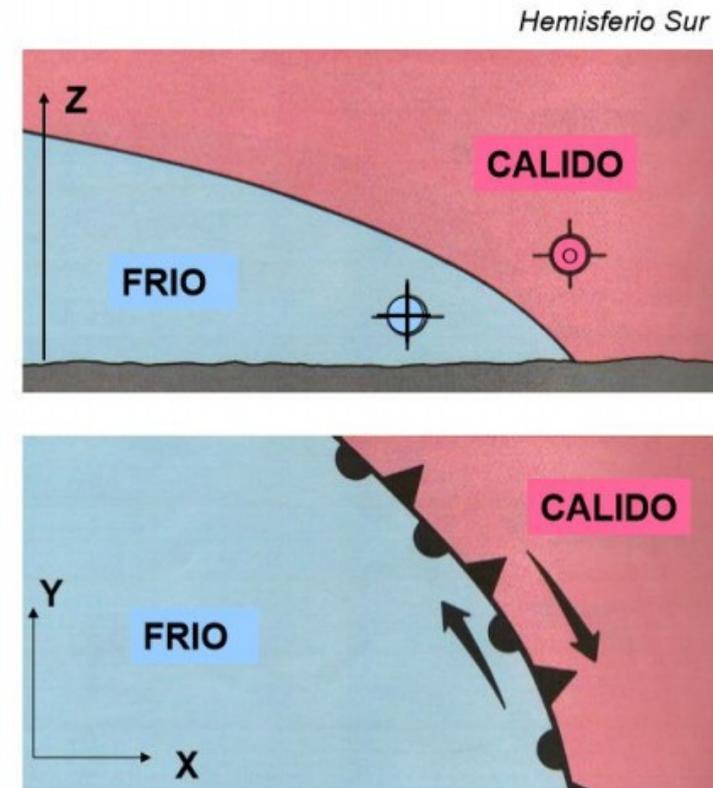
- Aproximadamente a los 600km del frente empiezan a aparecer nimboestratos (que pueden dar lugar a la caída de copos de nieve) y estratocúmulos (que pueden dar lugar a la caída de precipitaciones en forma de agua nieve y agua).
- Conforme el frente pasa por encima de nosotros el tiempo cambia notablemente. Las precipitaciones desaparecen y en el cielo podrían apreciarse algunos pocos estratocúmulos.
- El caso mostrado acá es el típico de un frente cálido en invierno pero no todos los casos de frente cálido son iguales:
 - Si el aire cálido que asciende es relativamente seco y estable sólo se formarán nubes altas y medias y no habrá precipitaciones.
 - Si el aire cálido que asciende es relativamente húmedo e inestable se pueden llegar a formar tormentas con aguaceros (típicas tormentas de verano).



Frentes estacionarios

- **FRENTE ESTACIONARIO**

- Ninguna de las masas de aire reemplaza a la otra. Estos frentes no presentan movimiento (en realidad pueden mostrar algo de movimiento → en tal caso se les llama cuasi - estacionarios)
- Los vientos en superficie tienden a soplar paralelos al frente pero en direcciones opuestas. Como consecuencia de esto el frente no se mueve, queda estacionario.
- Si el aire del lado frío del frente empieza a moverse, es posible que el frente estacionario se transforme en una frente frío y viceversa.
- Suelen tener condiciones de precipitación suave o moderada salvo en aquellos casos en los que el frente estacionario persista mucho en el tiempo.



Frente ocluido

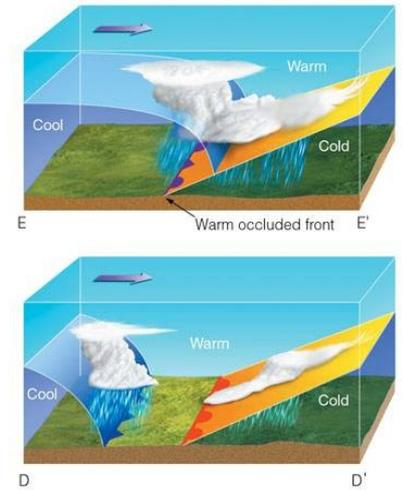
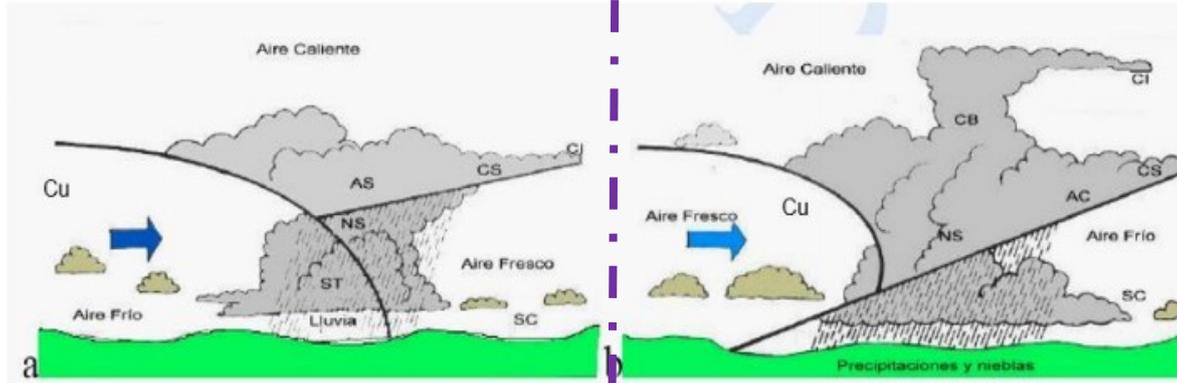
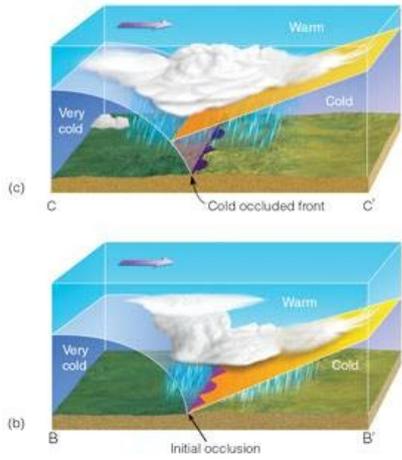
- **FRENTE OCLUIDO**

- En el modelo noruego (se verá en cursos posteriores), los frentes ocluidos representan la **colisión de dos frentes, uno frío y otro cálido**.
- Dichas colisiones ocurren debido a que los frentes cálidos se desplazan más lentamente que los fríos.
- Cuando el frente frío alcanza el frente cálido, se forma un frente ocluido. Este proceso hace ascender el aire del sector cálido y lo aleja de la superficie, forzando el aire caliente y húmedo a subir.
- Con frecuencia, esto provoca nubosidad, con poca visibilidad y precipitación que puede variar en intensidad desde llovizna hasta una tormenta.

Modelo del Frente ocluido

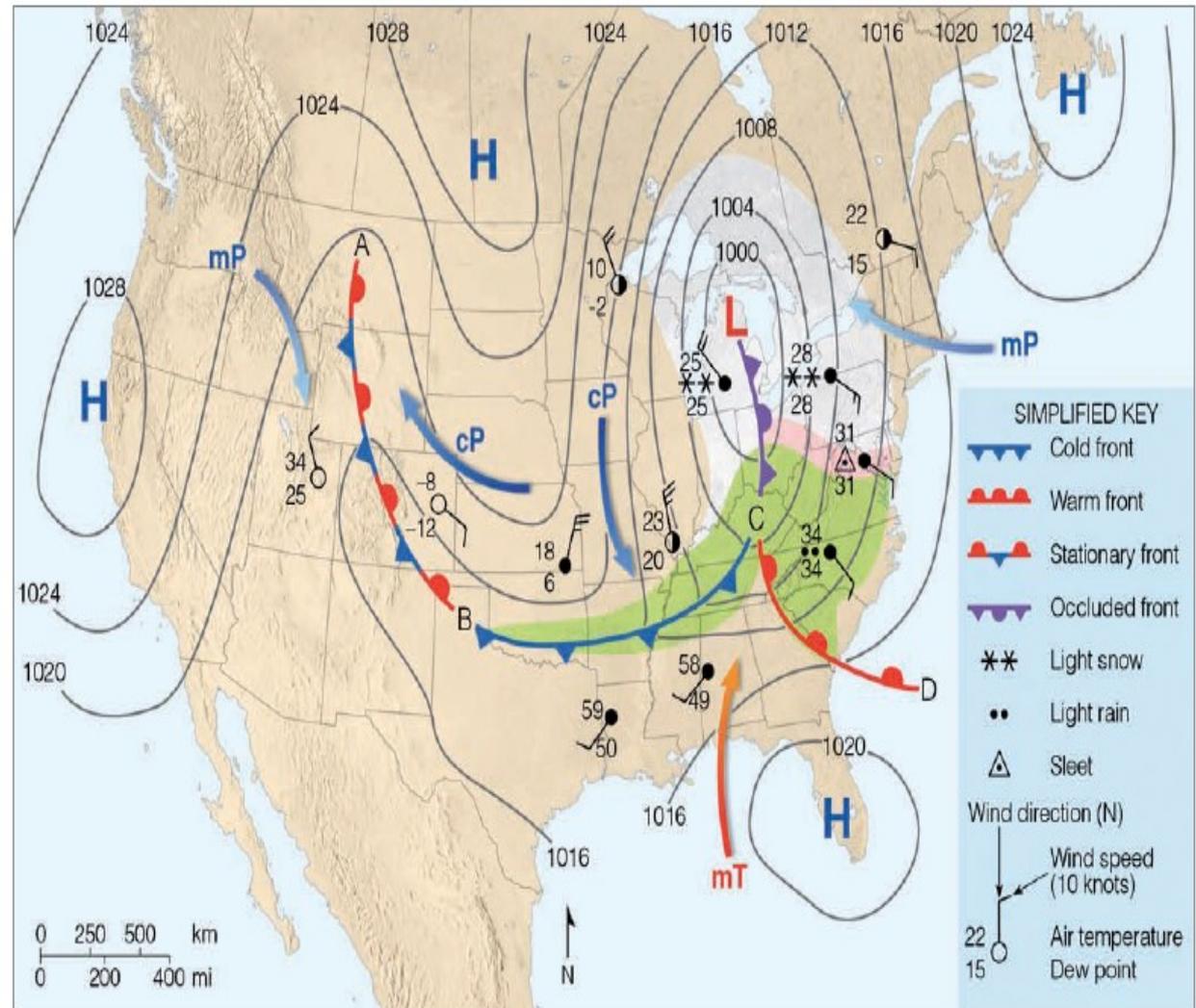
Oclusión fría

Oclusión cálida



Criterios para identificar frentes

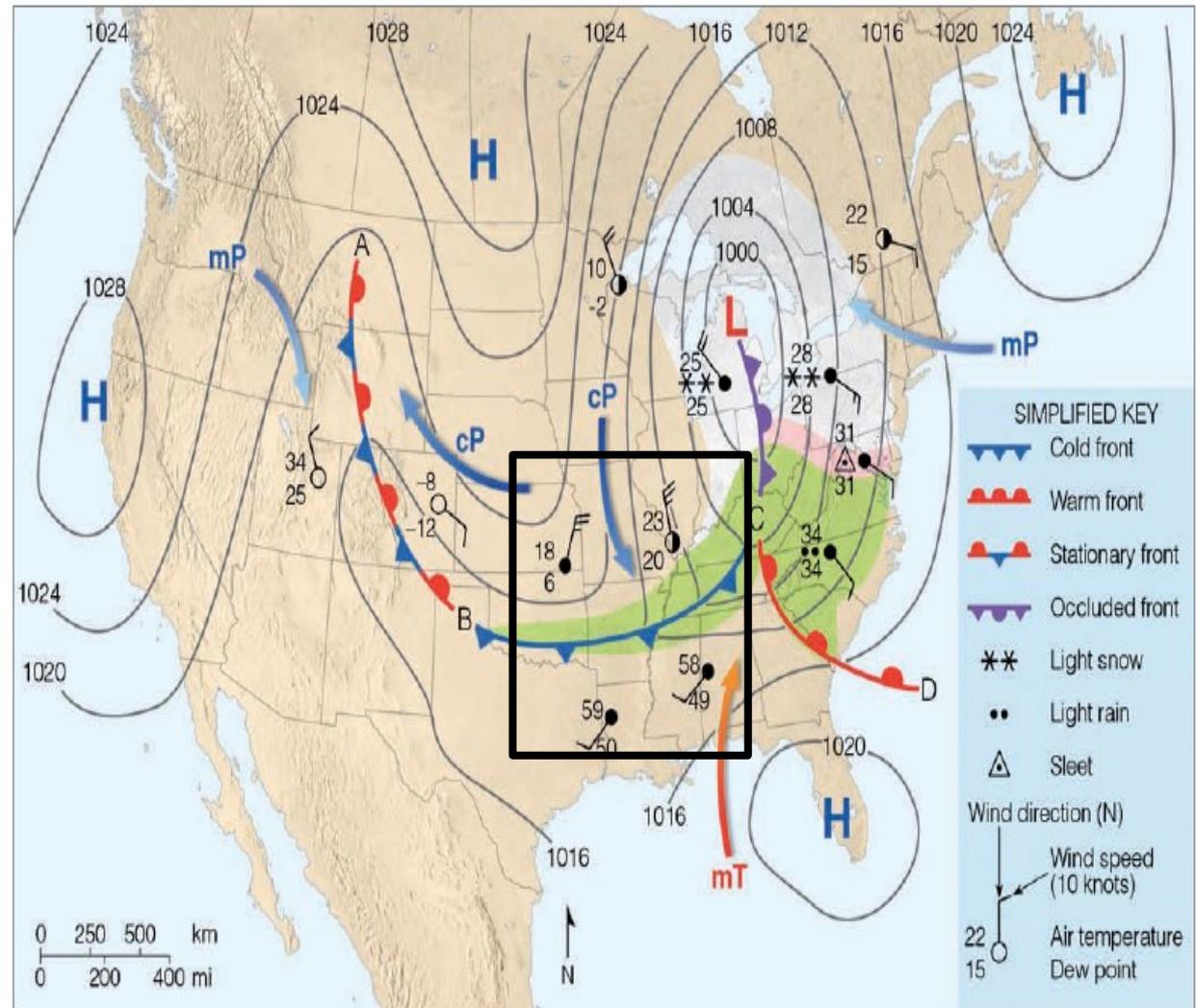
- ¿Cómo saben los meteorólogos dónde se encuentran los frentes?
 - Brusco cambio de temperatura en superficie en una distancia relativamente corta
 - Cambios en el contenido de humedad del aire (marcado por cambios en la temperatura del punto de rocío)
 - Cambio en la dirección de los vientos
 - Cambios en la presión*
 - Nubes y precipitaciones* (no siempre)
 - Cierta “quiebre” de la isobara cuando le cruza el frente → da cuenta del cambio en la dirección de los vientos



• **FIGURE 11.14** A surface weather map showing surface-pressure systems, air masses, fronts, and isobars (in millibars) as solid gray lines. Large arrows in color show air flow. (Green-shaded area represents rain; pink-shaded area represents freezing rain and sleet; white-shaded area represents snow.)

Criterios para identificar frentes

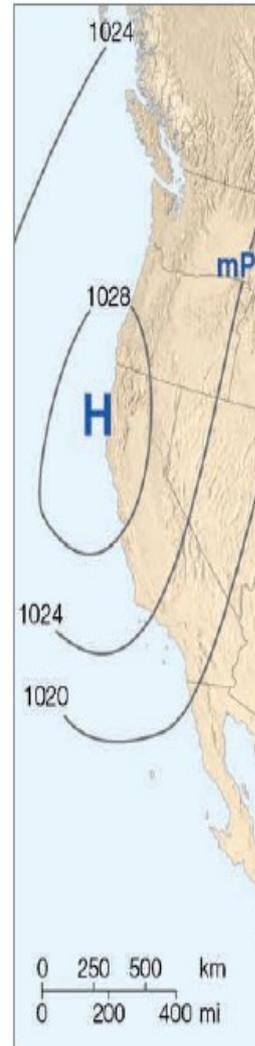
- ¿Cómo saben los meteorólogos dónde se encuentran los frentes?
 - Brusco cambio de temperatura en superficie en una distancia relativamente corta
 - Cambios en el contenido de humedad del aire (marcado por cambios en la temperatura del punto de rocío)
 - Cambio en la dirección de los vientos
 - Cambios en la presión*
 - Nubes y precipitaciones* (no siempre)
 - Cierta “quiebre” de la isobara cuando le cruza el frente → da cuenta del cambio en la dirección de los vientos



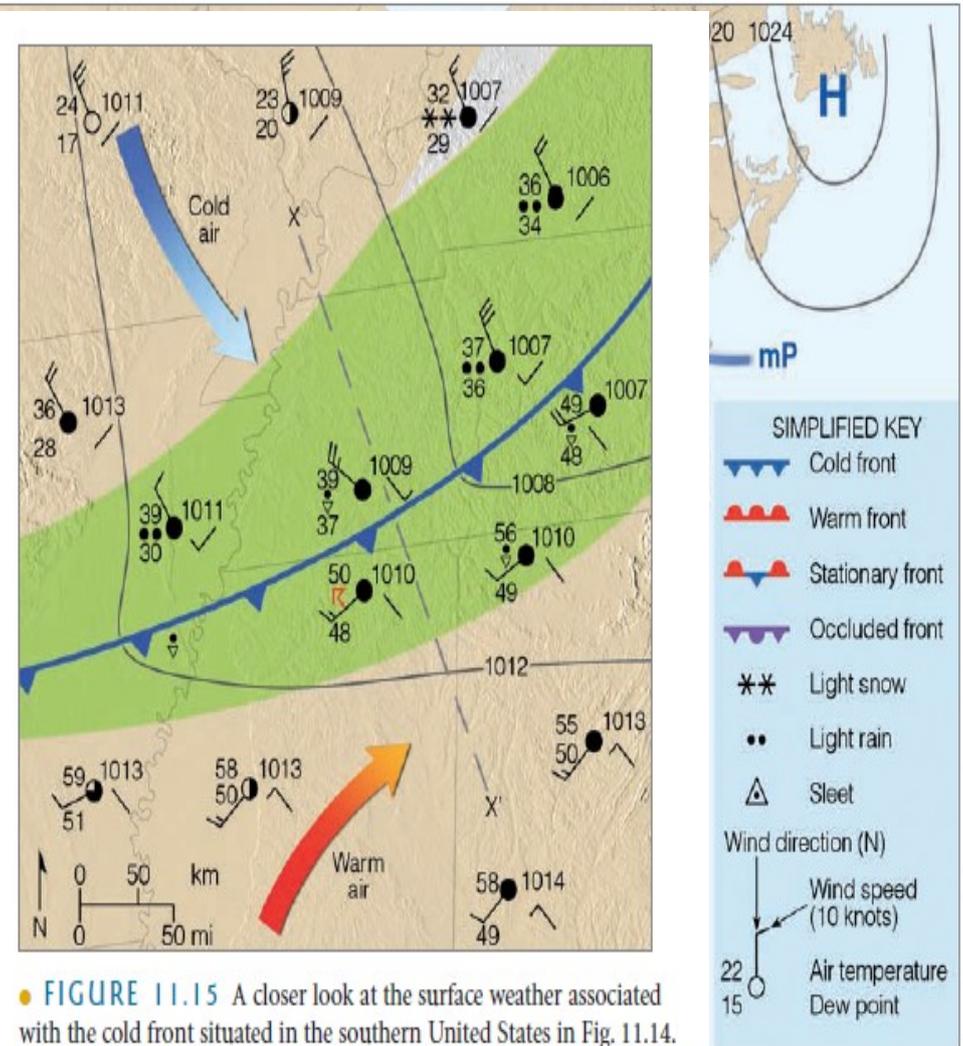
• **FIGURE 11.14** A surface weather map showing surface-pressure systems, air masses, fronts, and isobars (in millibars) as solid gray lines. Large arrows in color show air flow. (Green-shaded area represents rain; pink-shaded area represents freezing rain and sleet; white-shaded area represents snow.)

Criterios para identificar frentes

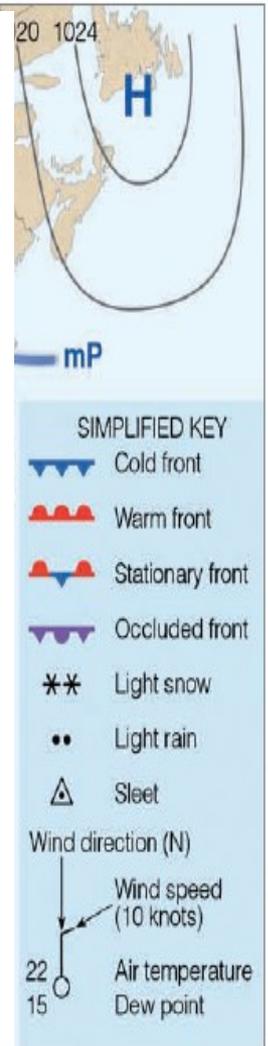
- ¿Cómo saben los meteorólogos dónde se encuentran los frentes?
 - Brusco cambio de temperatura en superficie en una distancia relativamente corta
 - Cambios en el contenido de humedad del aire (marcado por cambios en la temperatura del punto de rocío)
 - Cambio en la dirección de los vientos
 - Cambios en la presión*
 - Nubes y precipitaciones* (no siempre)
 - Cierta “quiebre” de la isobara cuando le cruza el frente → da cuenta del cambio en la dirección de los vientos



• **FIGURE 11.14** A surface weather map of the United States showing a high-pressure system over the Pacific coast and a low-pressure system over the Gulf of Mexico. A mid-pressure trough (mP) is shown extending from the high-pressure system. Isobars are drawn around the high and low systems. Large arrows in color show air flow. (Green shaded area represents rain; pink shaded area represents freezing rain and sleet; white shaded area represents snow.)



• **FIGURE 11.15** A closer look at the surface weather associated with the cold front situated in the southern United States in Fig. 11.14. (Gray lines are isobars. Green-shaded area represents rain; white-shaded area represents snow.)



(in millibars) as solid gray

Criterios para identificar frentes

- ¿Cómo saben los meteorólogos dónde se encuentran los frentes?
 - Brusco cambio de temperatura en superficie en una distancia relativamente corta
 - Cambios en el contenido de humedad del aire (marcado por cambios en la temperatura del punto de rocío)
 - Cambio en la dirección de los vientos
 - Cambios en la presión*
 - Nubes y precipitaciones* (no siempre)
 - Cierta “quiebre” de la isobara cuando le cruza el frente → da cuenta del cambio en la dirección de los vientos

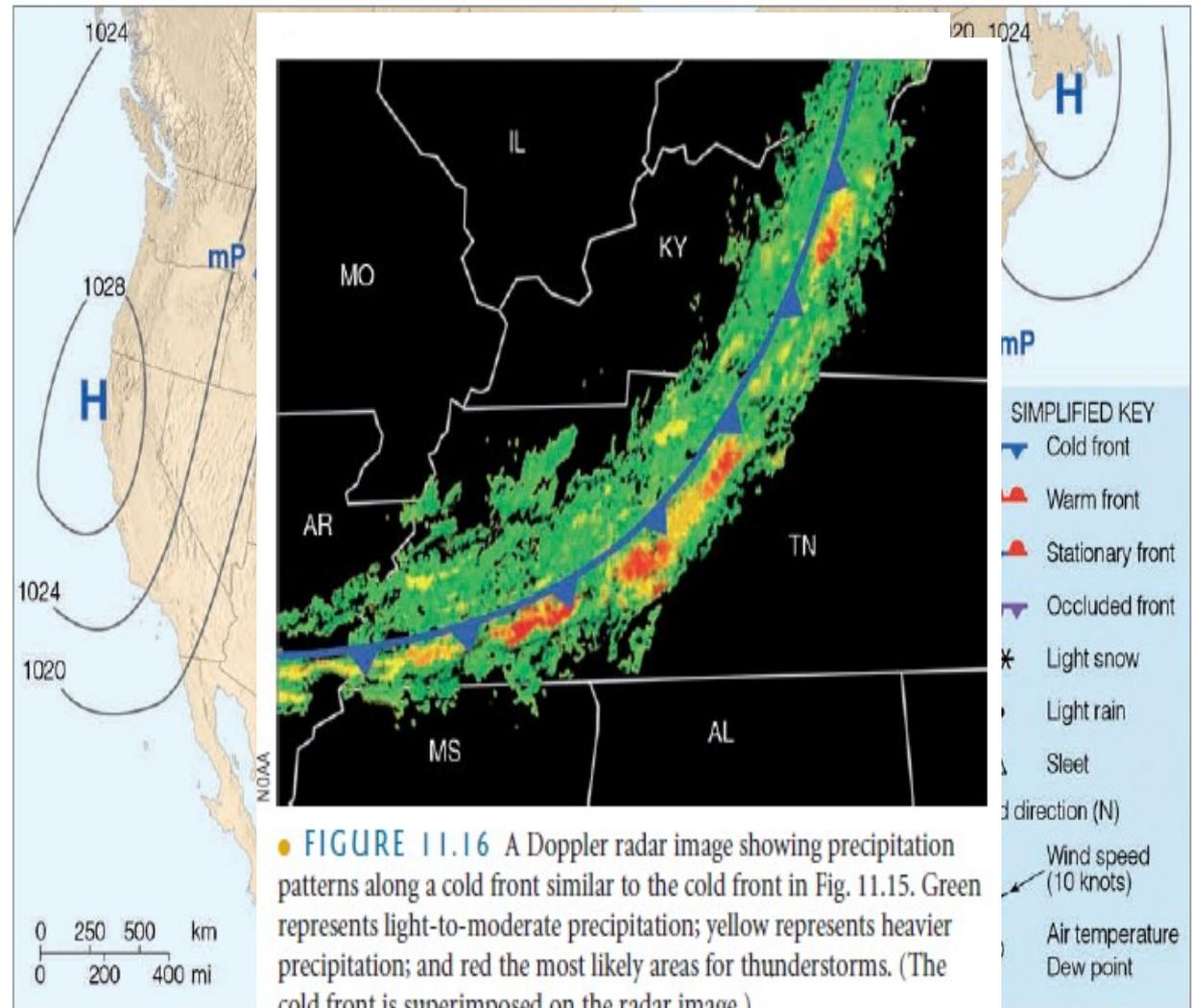


FIGURE 11.14 A surface weather map showing a low-pressure system (H) and a mid-pressure system (mP) over the central United States. Isobars are shown in millibars (in millibars) as solid gray lines. Large arrows in color show wind direction and speed. (Green shaded area represents rain; pink shaded area represents freezing rain and sleet; white shaded area represents snow.)

FIGURE 11.16 A Doppler radar image showing precipitation patterns along a cold front similar to the cold front in Fig. 11.15. Green represents light-to-moderate precipitation; yellow represents heavier precipitation; and red the most likely areas for thunderstorms. (The cold front is superimposed on the radar image.)

Criterios para identificar frentes

- ¿Cómo saben los meteorólogos dónde se encuentran los frentes?
 - Brusco cambio de temperatura en superficie en una distancia relativamente corta
 - Cambios en el contenido de humedad del aire (marcado por cambios en la temperatura del punto de rocío)
 - Cambio en la dirección de los vientos
 - Cambios en la presión*
 - Nubes y precipitaciones* (no siempre)
 - Cierta “quiebre” de la isobara cuando le cruza el frente → da cuenta del cambio en la dirección de los vientos

Características mas relevantes de los frentes. OJO! Existen excepciones!

Fenómenos meteorológicos de latitudes medias

Objetivo: describir los fenómenos meteorológicos de latitudes medias.

Contenido:

- 1) Ciclones y Anticilones extratropicales
- 2) Frentes fríos y cálidos
- 3) Tormentas y fenómenos de tiempo severo

Tormentas y fenómenos de tiempo severo

Tormenta

Fenómeno meteorológico caracterizado por lluvias (que ocasionalmente pueden ser muy intensas e incluso en forma de granizo), vientos, rayos y truenos.

Son nubes convectivas tipo cumulonimbo.

Surgen como consecuencia del ascenso de aire cálido y húmedo en un ambiente condicionalmente inestable.

Cuanto mas cálido sea el aire de la parcela con respecto al ambiente que le rodea, mayor es la flotabilidad y, por tanto, la convección

Mecanismos que desencadenan la convección:

- Calentamiento desigual de la superficie
- Topografía
- Convergencia de vientos en superficie
- Combinación de convergencia de vientos en superficie con divergencia de los mismos en altura
- Sistemas frontales

Con frecuencia, las tormentas se generan cuando el aire cálido asciende a lo largo de un sistema frontal aunque varios de los mecanismos anteriormente mencionados podrían operar.



Tormentas

La mayoría de las tormentas no llegan a ser severas, entendiendo como severas aquellas que presentan alguno de los siguientes rasgos:

- Granizo de 2cm de diámetro
- Ráfagas de viento en superficie de mas de 100km/h
- Desarrollo de tornados

Tipos

• Ordinarias o unicelulares:

- Generalmente se forman en días cálidos y húmedos
- Se forman en sistemas frontales y donde la cizalla vertical es baja
- Expansión horizontal 1km aprox.
- Ciclo de vida 1 hr aprox.
- Raramente generan algún tipo de fenómeno de severidad

• Multicelulares

- Constituidos por varias celdas (cumulonimbos)
- Cada una de ellas puede ser una tormenta ordinaria
- Se forman en frentes

• Superceldas

- Se forman en frentes
- Se caracterizan por tener un núcleo intenso y persistente
- Este aspecto puede dar lugar a tornados
- Ciclo de vida puede durar varias horas



Tormentas y fenómenos de tiempo severo

- **Tormenta**



Cumulonimbo



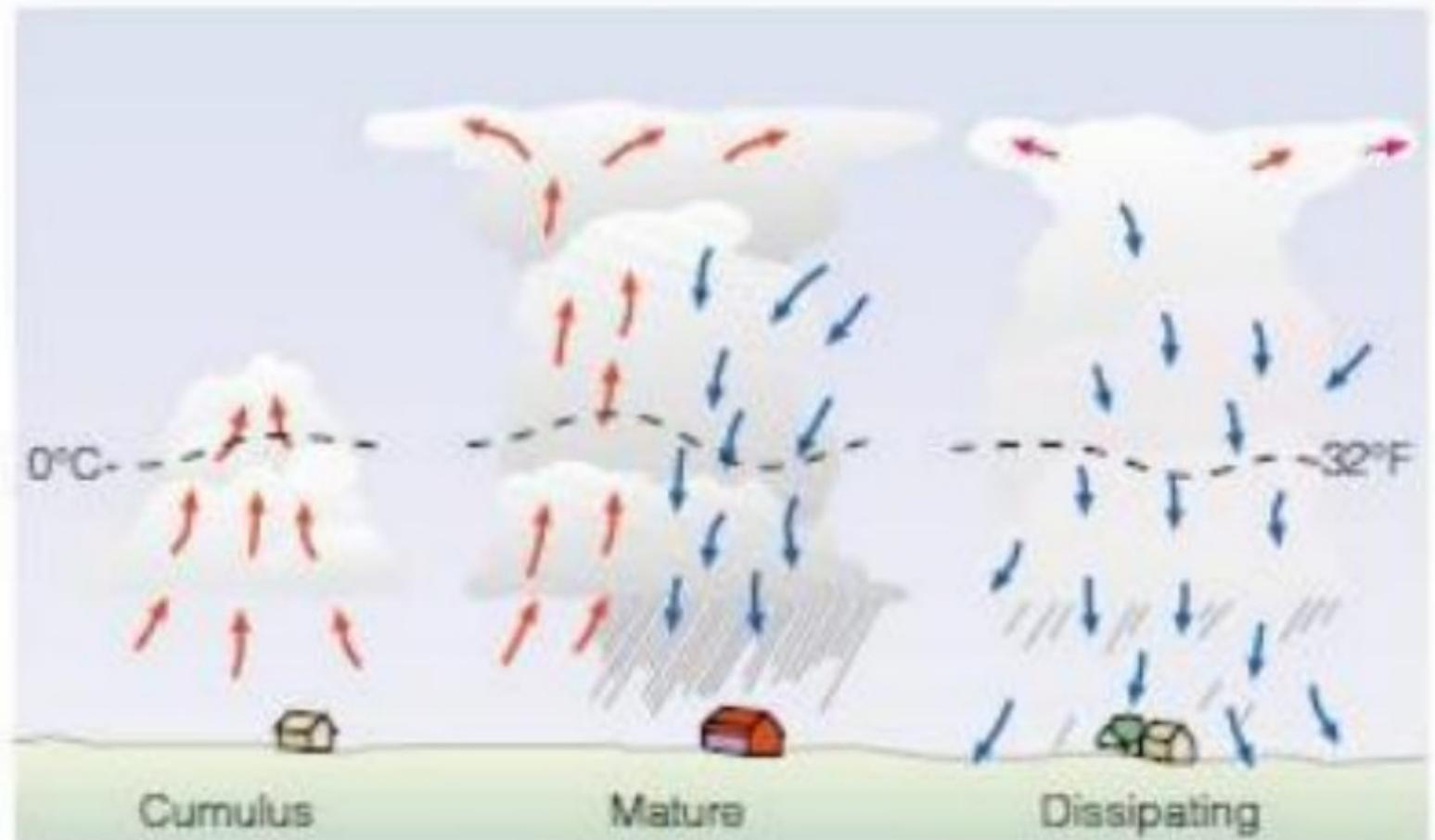
Multicelular



Supercelda

Tormentas y fenómenos de tiempo severo

- **Ciclo de vida tormenta unicelular**



Tormentas y fenómenos de tiempo severo

- **Superceldas**

Supercélulas

Tienden a ocurrir cuando los vientos en altura son más intensos y rotan. Puede durar más de 1 hora.



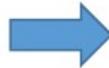
Su forma suele ser circular o elíptica, y son los verdaderos monstruos de la atmósfera, los que dan origen a los tornados, particularmente las que tienen un movimiento giratorio.

Tormentas y fenómenos de tiempo severo

• Tornados

- Fenómeno meteorológico de gran capacidad destructiva que tiene lugar en tormentas tipo supercelda (en general).
- Se caracteriza por una columna de aire rotante a velocidades muy altas y soplando en un área muy pequeño.
- Son fenómenos que llegan a tocar el suelo arrastrando polvo, desechos, escombros
- Pueden llegar a tener forma de nube tipo embudo o de nube tipo remolino
- Diámetro: generalmente 100m aprox (de microescala)
- Duración: la mayoría menos de 10 min
- Se han observado velocidades de desplazamiento (0 - 120)km/h

• Escala de Fujita para la clasificación de tornados

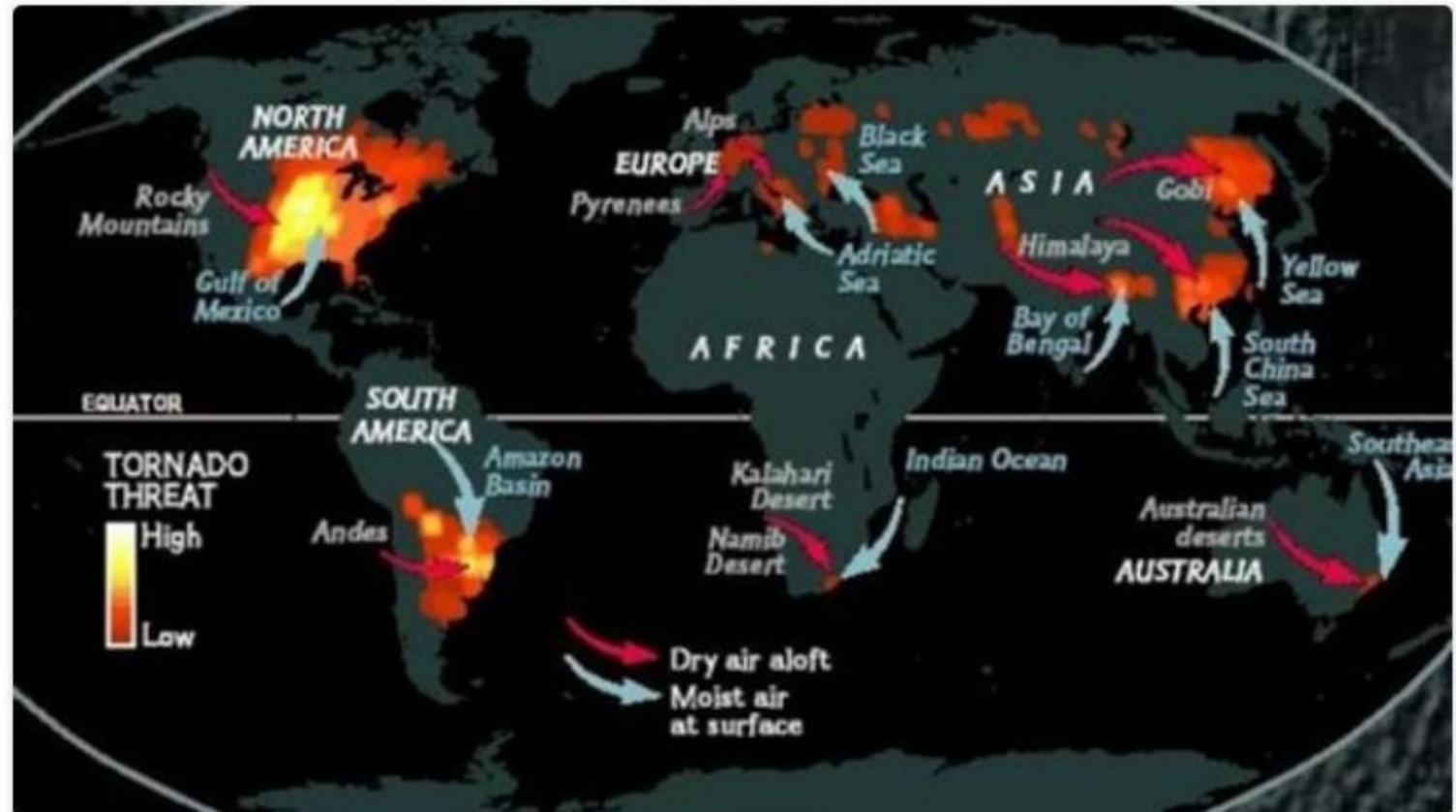


Escala	Daños	Viento km/h	Intensidad	Duración	Frecuencia
F-0	Ligeros	hasta 115	Débil	1 a 10 minutos	70 % del total
F-1	Moderados	115 a 180	Moderado	Mas de 20 minutos	28 % del total
F-2	Considerables	180 a 250	Fuerte	Mas de una hora	2 % del total
F-3	Severos	250 a 330	Muy fuerte		
F-4	Devastadores	330 a 420	Violento		
F-5	Increíbles	420 a 510	Muy violento		
F-6	Inconcebibles	510 a 610*			

* Los últimos estudios indican que no se pueden alcanzar estos vientos.

Tormentas y fenómenos de tiempo severo

- **Tornados**



Regiones del planeta con mayor riesgo de ocurrencia de tornados