

9

Sistemas Convectivos



CONVECCIÓN HÚMEDA PROFUNDA ORGANIZADA

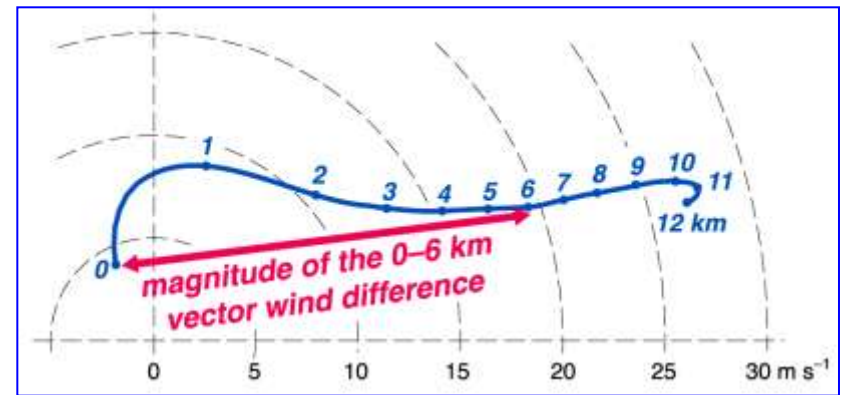
El rol de la cortante vertical de viento

La organización de la convección puede ser afectada por:

- Cortante vertical de viento
- CAPE
- Humedad relativa
- La distribución vertical de estas variables

La Cortante Vertical es el factor más influyente en la determinación del tipo, organización y longevidad de una tormenta (aunque en exceso puede reducir el ascenso en ambientes poco inestables ya que favorece el entrainment).

Un parámetro que funciona bien para cuantificar la cortante y predecir el tipo de tormenta es la diferencia vectorial de viento en 0-6 km.



Relación entre la magnitud del vector diferencia de vientos 0-6 km, o 'cortante 0-6 km', y la hodógrafa. Los números a lo largo de la hodógrafa indican altitudes sobre el nivel del suelo. El punto de la hodógrafa etiquetada con '0' es la altitud más baja donde se mide el viento, que normalmente se encuentra a pocos metros sobre el suelo (en lugar de en $z = 0$ m). La magnitud del vector diferencia de los vientos 0-6 km discrimina bastante bien entre tipos de tormentas.

La cortante vertical tiende a favorecer la organización, longevidad y severidad de la convección debido a 2 razones:

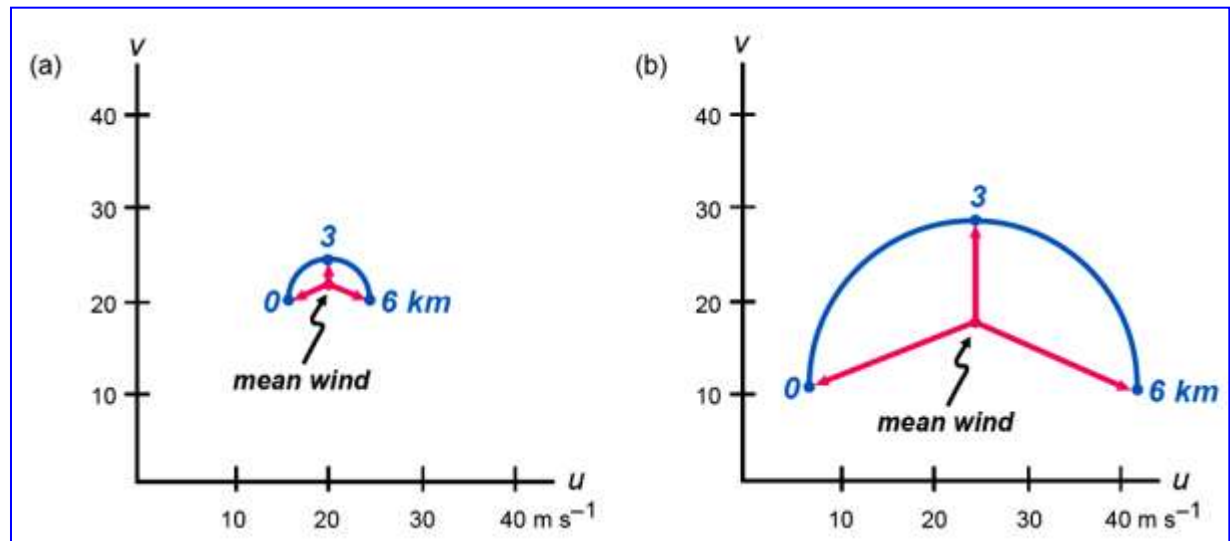
1. *El grado con el cual la precipitación y el flujo saliente interfiere con la ascendente se reduce a medida que la cortante se incrementa en las capas altas.*

Relación entre la cortante vertical del viento y los vientos relativos a la tormenta. La hodógrafa en (a) representa un perfil de viento vertical que tiene cortante débil en relación con la hodógrafa en (b); notar que la longitud de la hodógrafa en (a) es mucho más corta que en (b). Los vectores de viento relativo a la tormenta (magenta) a los 0, 3 y 6 km se superponen en los dos casos, suponiendo un movimiento de la tormenta aproximadamente igual al viento medio definido para cada hodógrafa. La longitud de los vectores de viento relativos a la tormenta es proporcional a la magnitud de los vientos relativos a la tormenta. Los números a lo largo de las hodógrafas indican altitudes sobre el nivel del suelo.

Hay una tendencia a que la precipitación caiga más lejos de la ascendente cuanto mayores son:

- la cortante profunda y
- los vientos en altura relativos a la tormenta.

Una fuerte cortante en el entorno también tiende a implicar fuertes vientos de altura relativos a la tormenta.



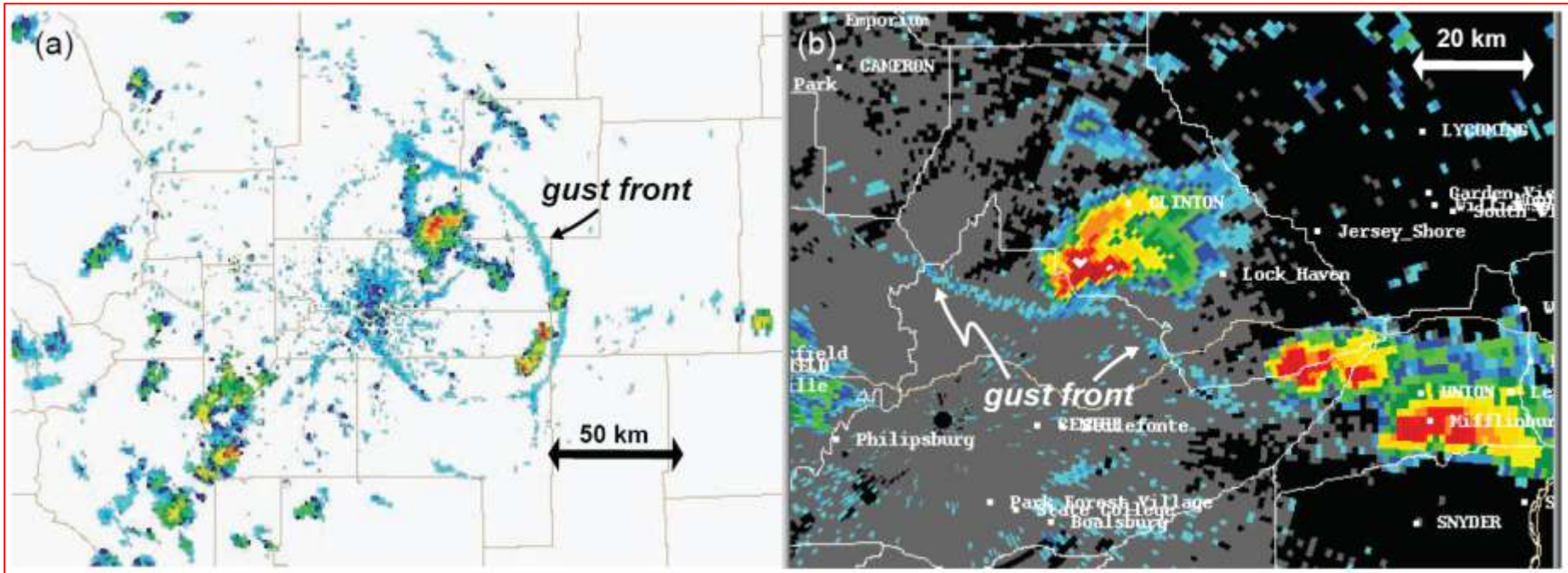
2. *La cortante en capas bajas influye en el ascenso a lo largo del frente de ráfagas y por lo tanto en la habilidad del frente para disparar nueva convección.*

En ambientes con ***cortante débil***, el levantamiento de aire del entorno por el frente de ráfagas es débil y tiende a no iniciarse la convección ⇒ ***Unicelulares, de corta vida y desorganizados.***

Con ***cortante moderada***, el levantamiento en el frente de ráfagas es intensificado a lo largo de un flanco preferido, induciendo repetidamente la iniciación de nuevas celdas ⇒ ***Multicelulares.***

Una ***cortante fuerte***, induce tormentas severas y bien organizadas en nubes con rotación ⇒ ***supercelulares.***

No sólo la inclinación de vorticidad horizontal induce la rotación de tormentas, sino también los gradientes verticales de presión provocados por una cortante fuerte. La propagación de tales tormentas es dirigida por fuerzas de gradiente vertical de presión en capas profundas.



Comparación de reflectividad de radar de los frentes de ráfagas asociados con (a) convección de cortante débil y (b) cortante fuerte.

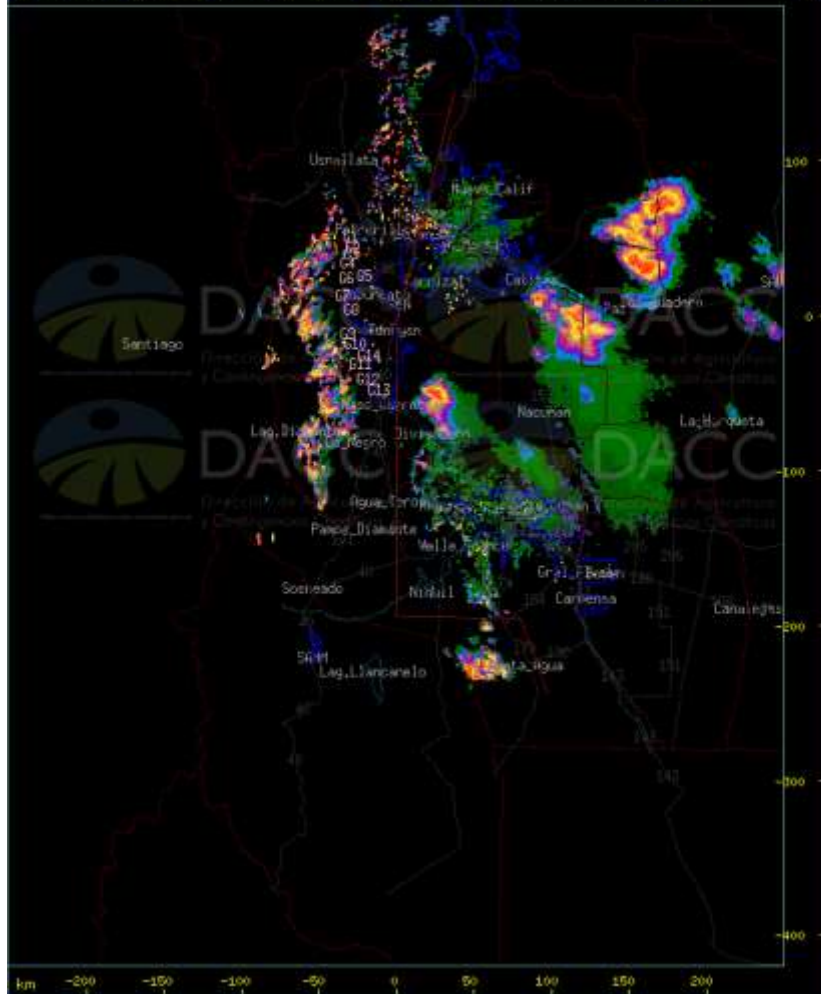
En entornos con débil cortante vertical, el frente de ráfagas se mueve alejándose del eco de radar (y de la corriente ascendente que produce la precipitación responsable del eco).

Por el contrario, en ambientes que contienen una fuerte cortante vertical, el frente de ráfagas tiende a estar estrechamente unido al eco, lo que indica que la ascendente no está siendo cortada por los flujos salientes.

dBZ

2019/03/04 00:58:00 UTC Composite Tracks to 2019/03/04 00:58:00 Tz 35

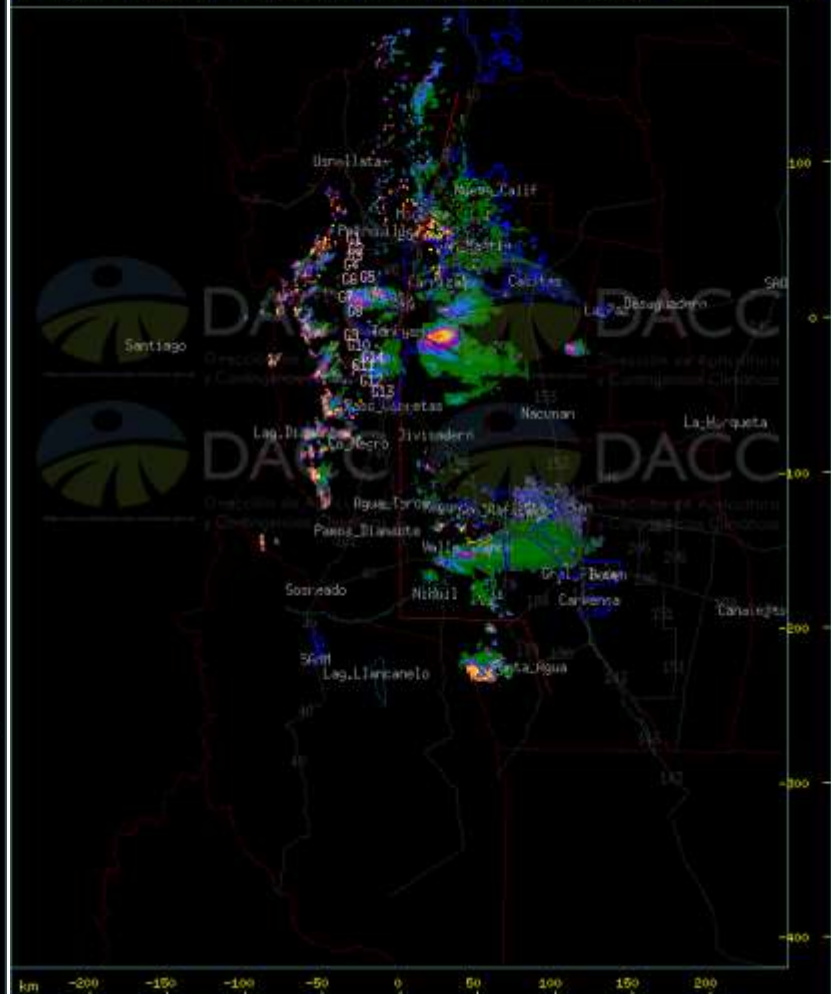
km

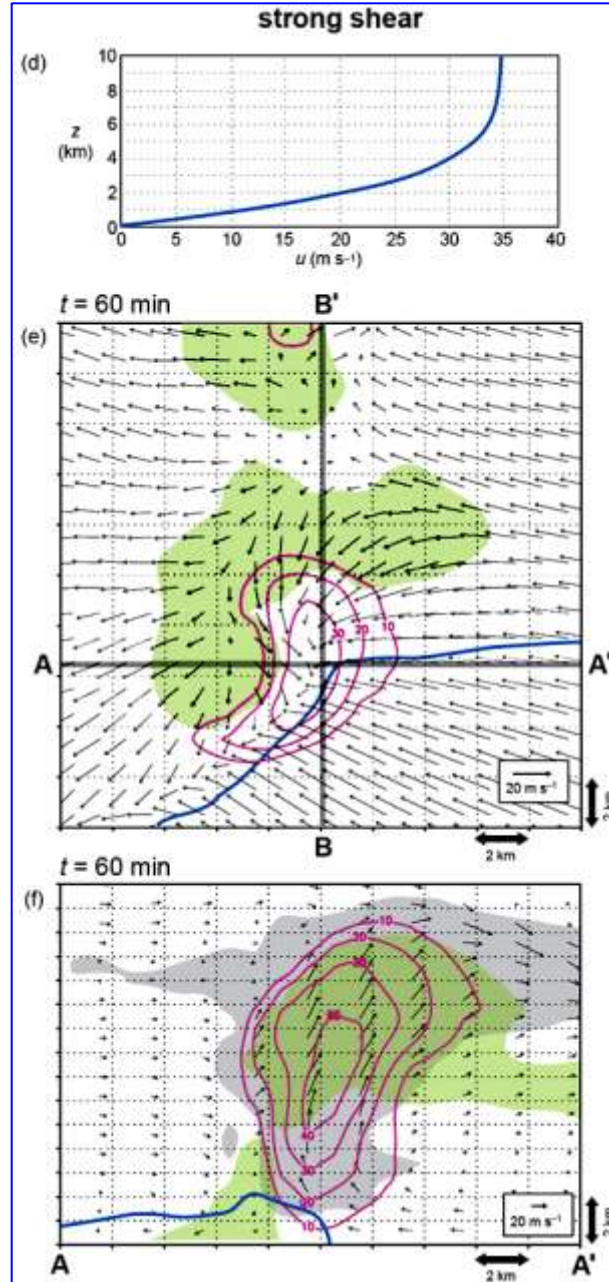
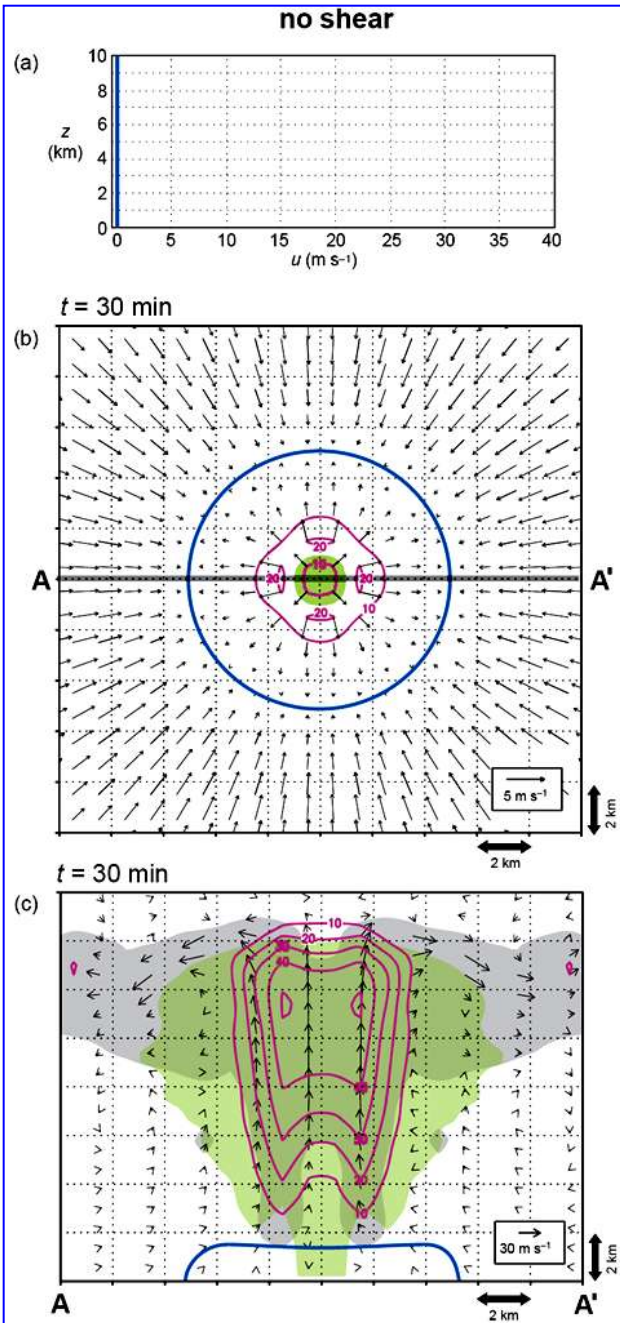


dBZ

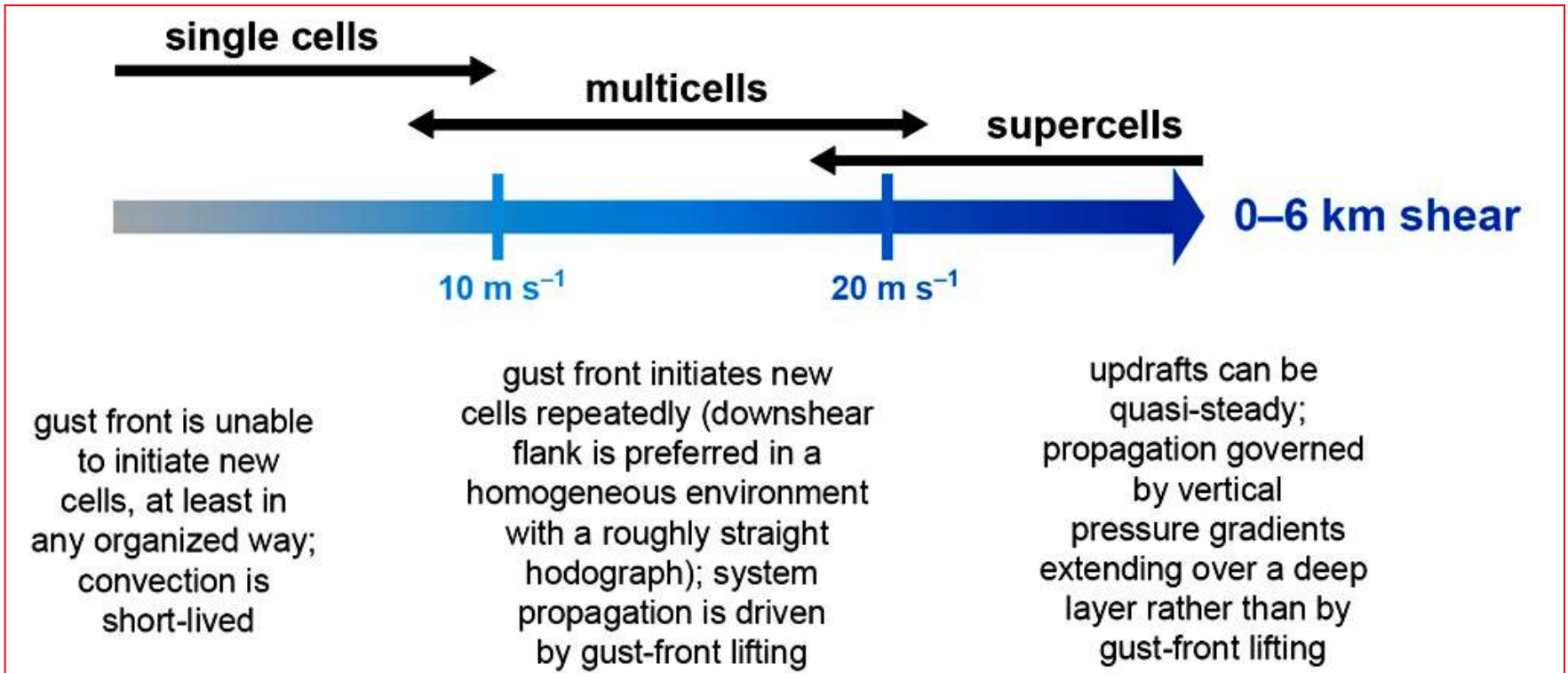
2019/03/08 00:24:00 UTC Composite Tracks to 2019/03/08 00:24:00 Tz 35

km





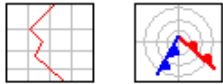
Comparación de tormentas simuladas en entornos sin/con cortante. El sondeo usado tiene una relación de mezcla en superficie de 14 g kg^{-1} y 2200 J kg^{-1} de CAPE. (a) Perfil vertical de u en la simulación sin cortante (v es cero antes de la tormenta). (b) Sección horizontal centrada en la tormenta en $t = 30 \text{ min}$: vectores de viento horizontales relativos a la tormenta a 0.2 km , velocidad vertical a 4.2 km (magenta; cada 10 m s^{-1}), concentración de agua de lluvia a 1.0 km (verde; $> 2 \text{ g kg}^{-1}$ sombreado) y frente de ráfagas a 0.2 km (perturbación de temperatura potencial de -0.2 K en contorno azul). (c) Sección transversal vertical A-A': vectores de viento relativo a la tormenta, campo de nubes (gris; concentraciones de hielo y agua mayor que 1 g kg^{-1}), grandes hidrometeoros (lluvia+graupel+nieve, verde; $> 2 \text{ g kg}^{-1}$ sombreado) y frente de ráfagas. (d, e, f y g) Como las anteriores pero para la simulación con cortante.



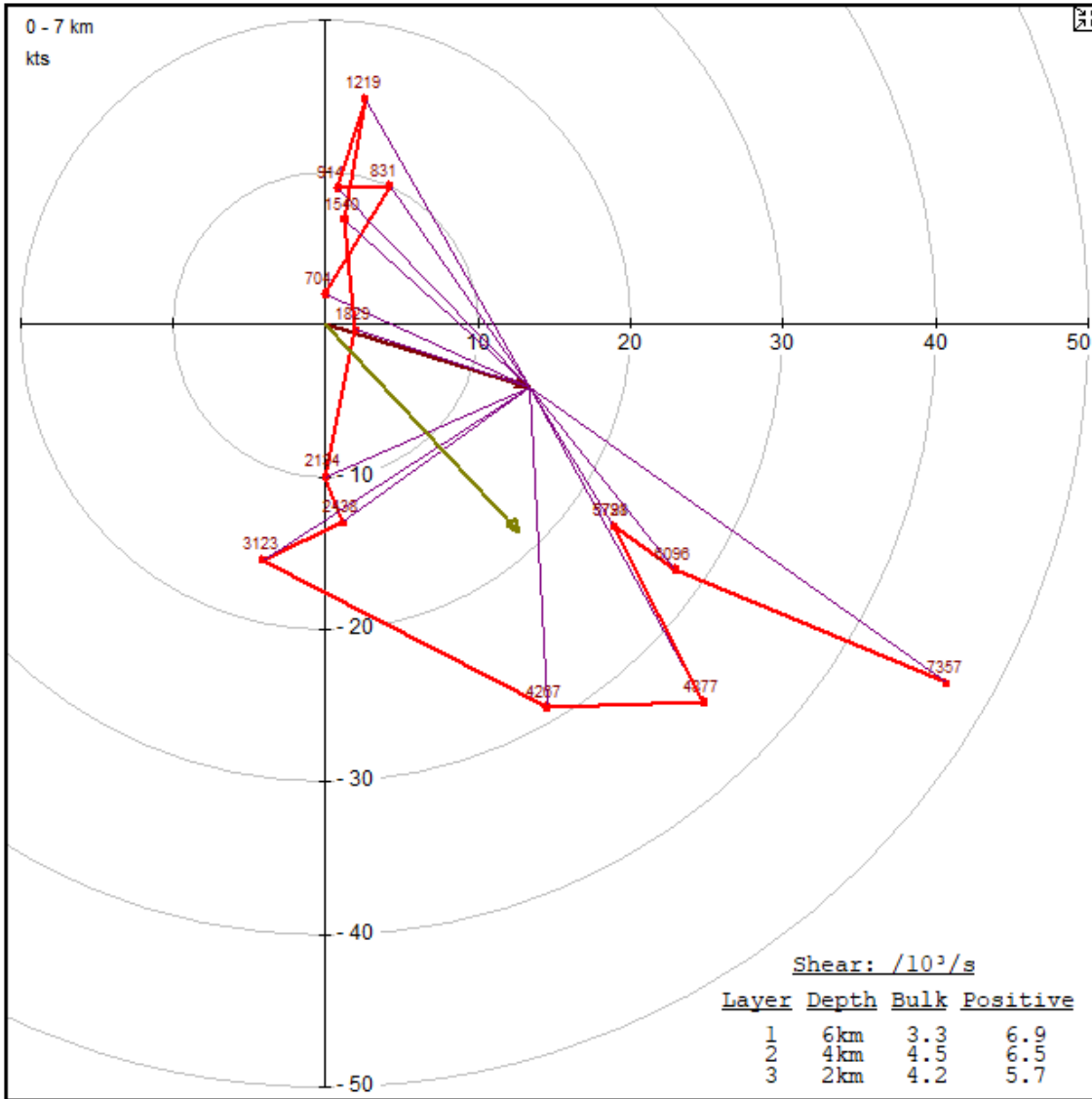
Espectro de tipos de tormentas en función de la cortante vertical del viento. Aunque la cortante vertical ejerce la mayor influencia en el tipo de tormenta, otros factores secundarios también pueden afectar el modo de convección (por ejemplo, la distribución vertical del empuje, la humedad y los medios por los que se inicia la convección), por lo que algunas superposiciones entre tipos de tormentas existe en esta figura simple de parámetro único. También se muestra la relación entre las magnitudes de cortante vertical del viento y la naturaleza de la regeneración/propagación celular.

Storm-Motion: 287/14 kts (using a 0-6 km layer)

Method: Traditional: 30-Deg & 75% of steering flow



Ground Relative



VGP: -- (0-4km)
 EHI: -- (0-2km)
 BRN: --
 BRN Shear: 93.9 m/s

Storm Lyr: 317/19 kts
 (0-6km)

Mean Wind: 317/19 kts
 (0-6km)

Shear: 306/38 kts
 (0-6km)

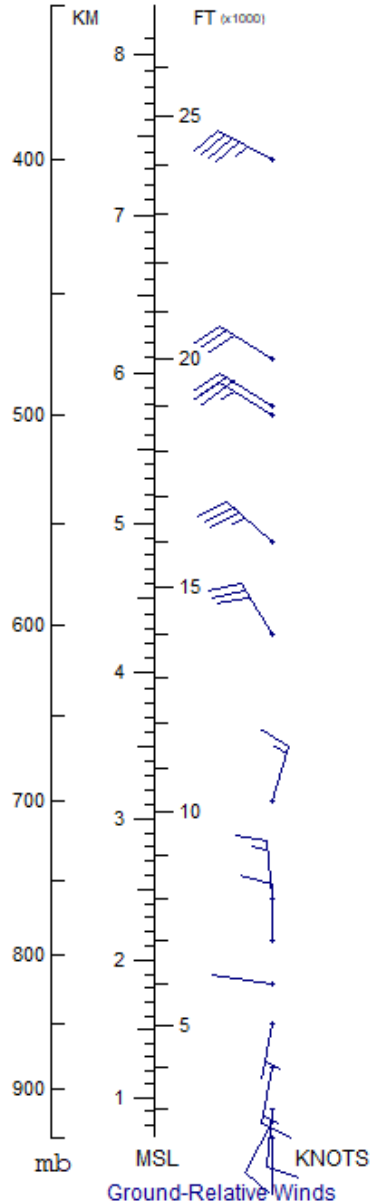
s-rH/3km: -94
 s-rH/2km: -44
 s-rH/1km: 8

SR/9-11km: 299/108
 SR/4-6km: 323/20
 SR/0-2km: 100/13

Storm Vector
 Storm Layer Wind

Shear: /10³/s

Layer	Depth	Bulk	Positive
1	6km	3.3	6.9
2	4km	4.5	6.5
3	2km	4.2	5.7



Convección Unicelular

Consisten en una única ascendente que no inicia subsecuente convección de ninguna forma organizada.

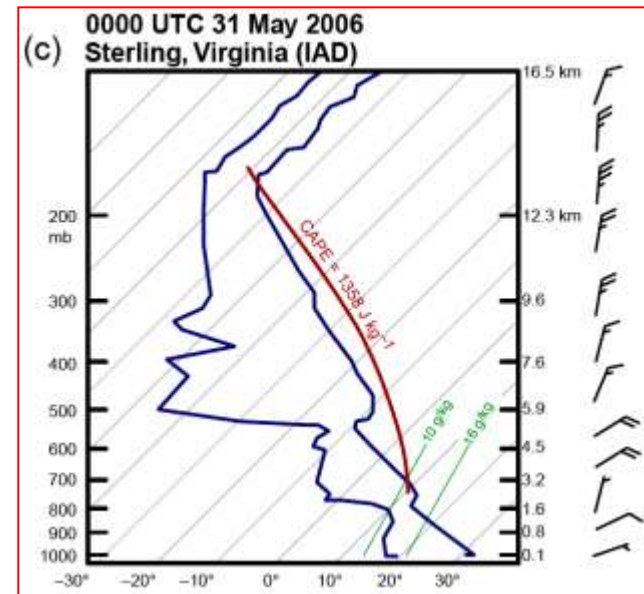
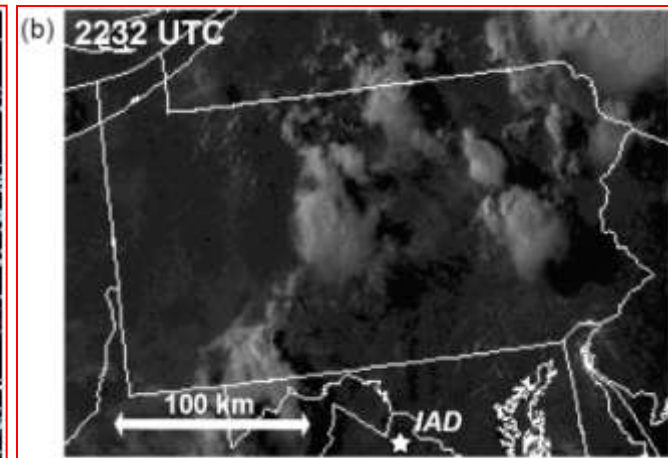
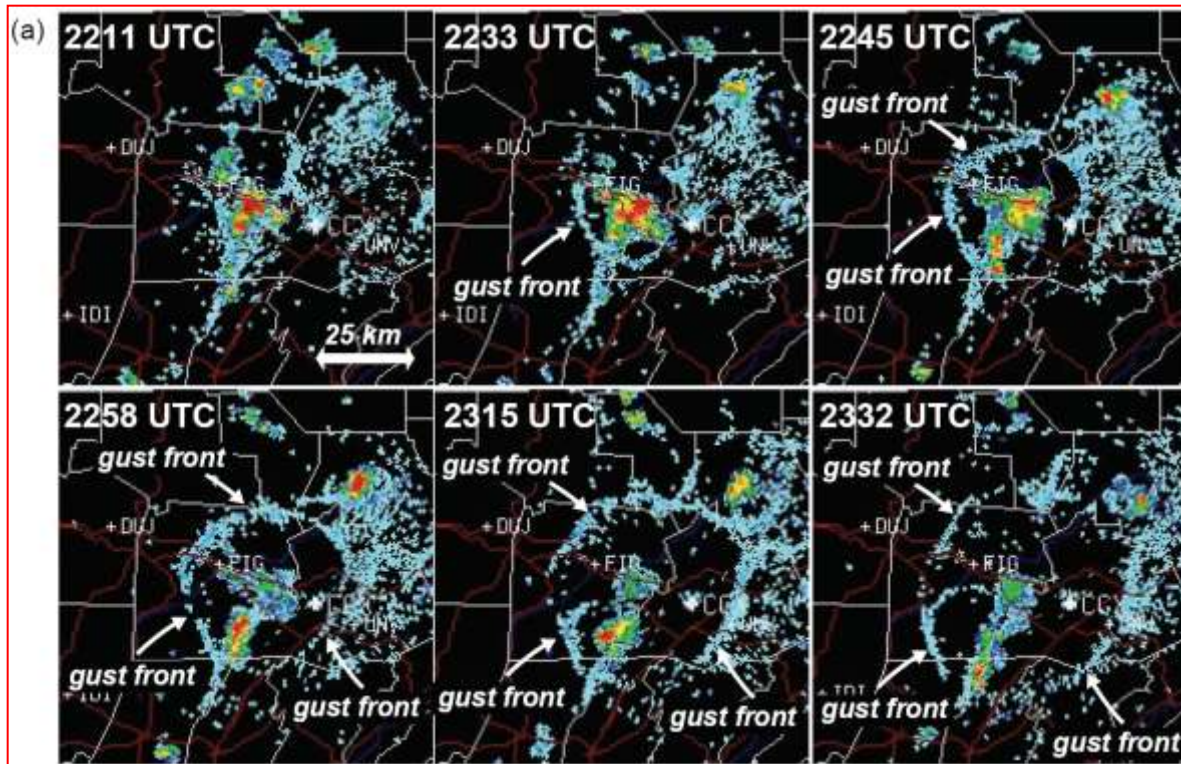
Tienden a ocurrir cerca o poco tiempo después de la hora de máxima T (cuando el CIN es pequeño y el CAPE grande), y a disiparse rápidamente luego de la salida del sol.

Sólo ocasionalmente producen granizo y vientos fuertes (generalmente limitado a ambientes con $CAPE > 2000 \text{ J/kg}$).



Las fotografías de sistemas convectivos en ambientes con débil cortante vertical. Notar la ubicación de los ejes de precipitación con respecto a las ascendentes (arriba izquierda, derecha) y los yunques circulares bastante simétricos (inferior izquierda).

Las máximas velocidades ascensionales son muy variables y fuertemente dependientes del CAPE (pueden superar los 40 m/s con gran CAPE y débil cortante ambiental).



(a) Secuencia de imágenes de reflectividad ($0,5^\circ$ de ángulo de elevación) del State College, PA, WSR-88D; el 30 de mayo de 2006 de 2211 a 2332 UTC que muestra la evolución de la convección unicelular. (b) Imagen de satélite visible a las 2232 UTC. (c) Sondeo de Sterling, VA (IAD, ubicación indicada con una estrella en [b]) a las 0000 UTC del 31 de mayo de 2006. Notar la débil cortante vertical del viento (la magnitud de la diferencia del vector viento 0-6 km es de aprox. 5 m s^{-1}).

La ascendente de una unicelular está dada casi únicamente por el empuje.

Tienen un tiempo de vida de entre 30-60 min.

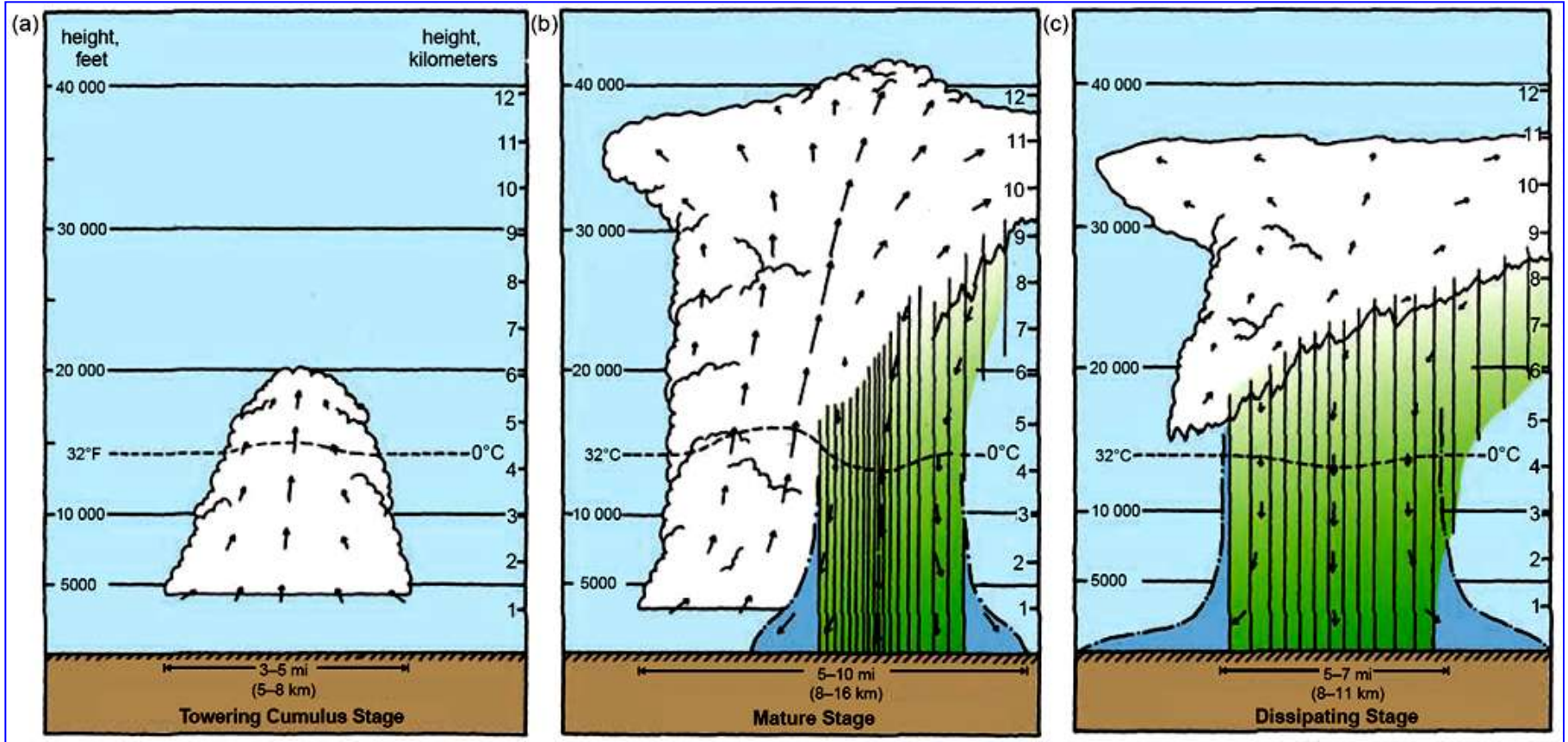
Ciclo de vida:

* Su ciclo de vida comienza con un *cúmulo de desarrollo vertical*. En este estado sólo existe una ascendente.

* Continúa el *estado maduro*, con el comienzo de precipitación de hidrometeoros suficientemente grandes como para caer a través de la ascendente. Un yunque comienza a formarse. La carga de hidrometeoros reduce el empuje de la ascendente. La caída de precipitación y subsiguiente evaporación induce una descendente que se 'desparrama' lateralmente sobre el suelo induciendo un frente de ráfagas.

* La descendente domina la célula, lo cual inicia el *estado de disipación*. El aire enfriado por la lluvia se desparrama lejos de la ascendente. El ascenso se corta por empuje negativo y no puede ser mantenido.

Cuando ocurre tiempo severo, generalmente se da en la transición entre el estado maduro y el de disipación, o durante la máxima intensidad de precipitación. Vientos severos son más probables cuando la precipitación cae a través de capas secas, donde el enfriamiento por evaporación produce empuje negativo.



Las tres etapas de un celular común: (a) la etapa cumulus torre, (b) etapa de madurez, y (c) etapa de disipación.

Convección Multicelular

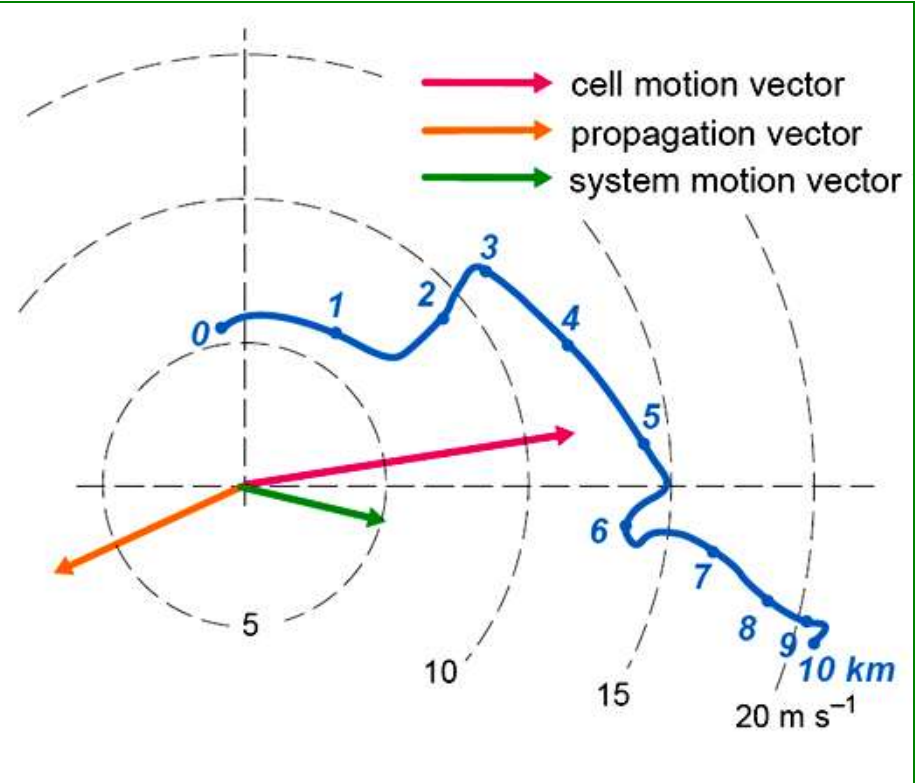
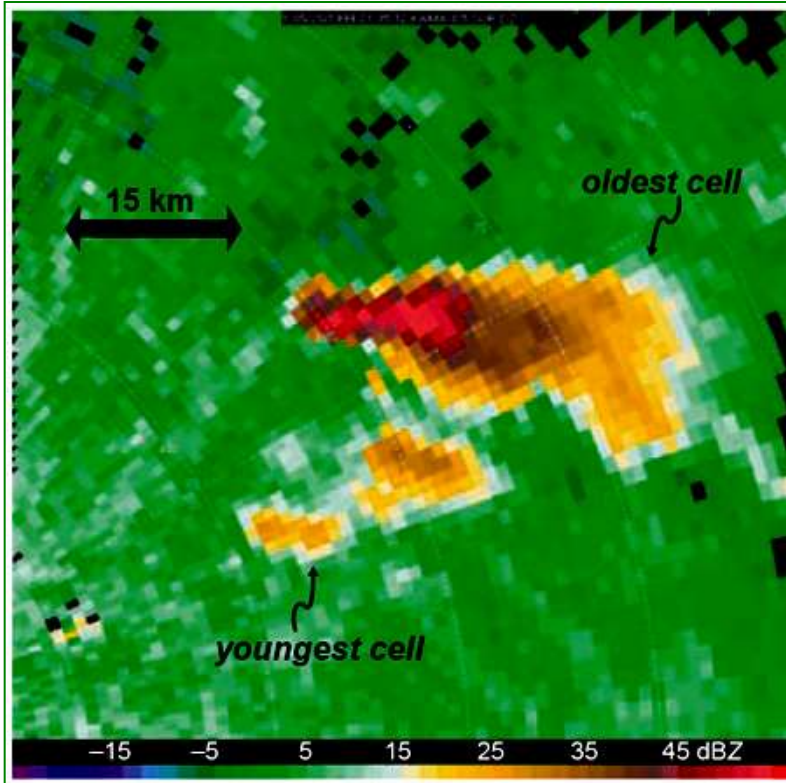
Caracterizadas por el repetido desarrollo de nuevas celdas a lo largo del frente de ráfagas, donde el ascenso forzado es suficiente como para levantar parcelas hasta el NLC.

La iniciación regular de nuevas celdas permite la larga supervivencia del sistema (compuesto por varias células ordinarias), a pesar de que cada una sobrevive 30-60 min.



Fotografía de un grupo tormenta multicelular. Las nuevas corrientes ascendentes se están viendo a la izquierda y las viejas ascendentes de disipación se encuentran a la derecha.

Las formas más severas pueden durar horas y producir graves daños por vientos y granizo de gran tamaño.

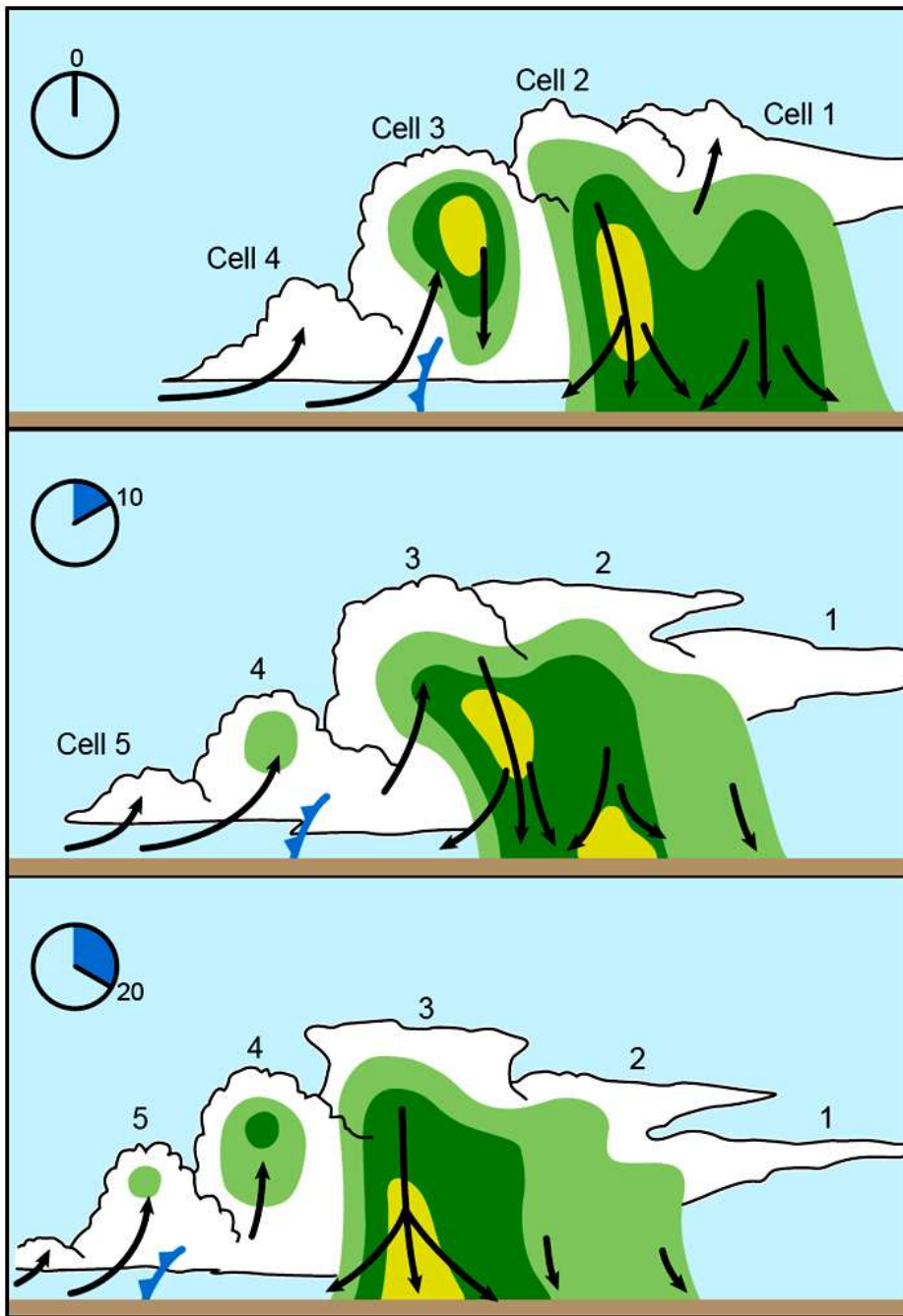


El ambiente está caracterizado por cortante vertical moderada.

El CAPE puede ser relativamente grande o pequeño.

Las celdas particulares tienden a moverse con la velocidad del viento medio; el movimiento del sistema multicelular está relacionado con la suma de esta velocidad más la velocidad de propagación.

(a) Convección multicelular ocurrida el 20 de mayo 1999. (b) Hodógrafa obtenida de un perfilador de viento situado a unos 100 km al este de la convección. La magnitud de la diferencia del viento 0-6 km es 16 m s^{-1} . También se muestran los vectores que indican el movimiento celular, la propagación y el movimiento global del sistema. Es evidente que la propagación (hacia el SW) no estaba en la dirección de la cortante de niveles bajos (dirigida hacia el E); por lo tanto, la propagación observada parece ser el resultado de la falta de homogeneidad del medio ambiente (por ejemplo, la interacción con la línea seca que fue responsable para la iniciación de la convección en el primer lugar, o tal vez variaciones en el CIN).



La altura del primer eco de radar puede dar un indicio de la fuerza de la ascendente (la altura del eco se incrementa con la fuerza de la ascendente).

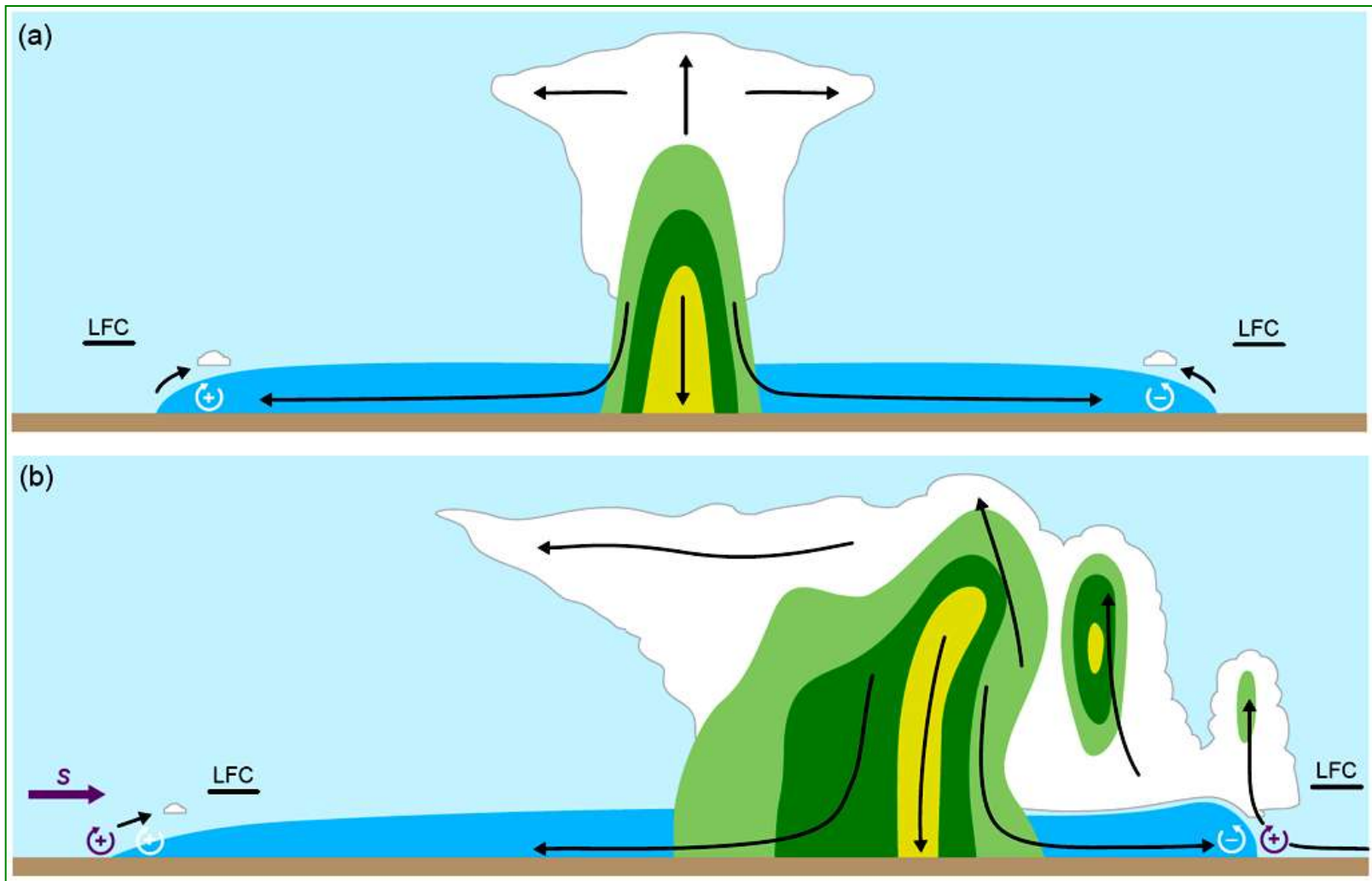
Esquema de la evolución de la convección multicelular.

Hay una fuerte tendencia para las nuevas celdas a iniciarse cortante abajo de la descendente, ya que el levantamiento por el frente de ráfagas es realizado (*debilitado*) donde la vorticidad horizontal generada en el frente, se opone (*suma*) a la generada por la cortante ambiental en capas bajas.

Las líneas de corriente relativas al frente originadas en el ambiente se levantan más abruptamente a lo largo de la porción del frente donde la vorticidad horizontal inducida por la cortante ambiental y la descendente, se cancelan mutuamente.

Una parcela levantada en este flanco del frente tiene mayores posibilidades de alcanzar el NLC.

Adicionalmente, con una hodógrafa recta, los mayores vientos de contra son encontrados por el frente de ráfagas del lado cortante abajo (mayor viento de contra \Rightarrow a mayor convergencia horizontal \Rightarrow ascenso).

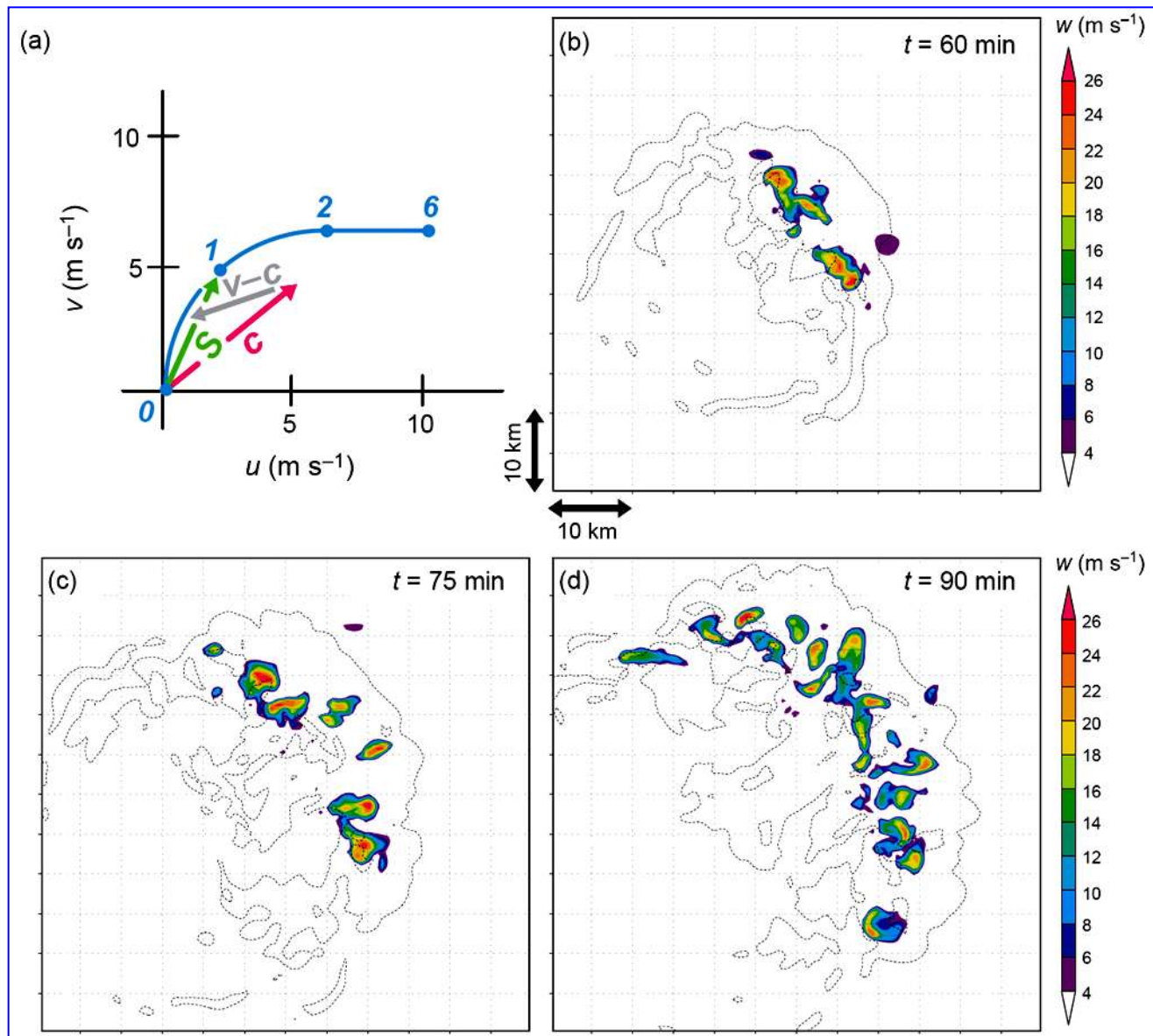


Comparación del ascenso por el frente de ráfagas en (a) un entorno sin cortante, de una sola célula y (b) un entorno multicelular con cortante moderada del W. La lluvia y el granizo se indican esquemáticamente por el sombreado verde y amarillo. El flujo saliente evaporativamente enfriado se sombrea en azul oscuro. La nube en blanco. Algunas líneas de corriente relativas a la tormenta se muestran como flechas negras. También se indica el LFC. El sentido de la vorticidad horizontal inducida por los flujos fríos se indica con flechas circulares blancas. En (b), el sentido de la vorticidad horizontal asociada a la cortante vertical del viento ambiental se indica con flechas circulares púrpuras. Por otra parte, la modificación de la profundidad y la pendiente de las porciones principales de las bolsas de aire frío por su interacción con la cortante del medio ambiente, junto con el efecto de la naturaleza de la elevación a lo largo del frente de ráfagas, también se refleja en (b). Comparar las profundidades de las cabeceras de flujo saliente al E y W en (b), entre sí y con los mostrados en (a).

Cuando la hodógrafa es curva los mayores vientos de contra no están cortante abajo del frente.

Ejemplo:

La cortante en capas bajas (S) apunta al NNE, mientras el viento relativo a la tormenta (v-c) apunta al WSW. \Rightarrow Las nuevas celdas se desarrollan a lo largo del frente de ráfagas en un arco de N a E, induciendo una propagación total hacia el NE.

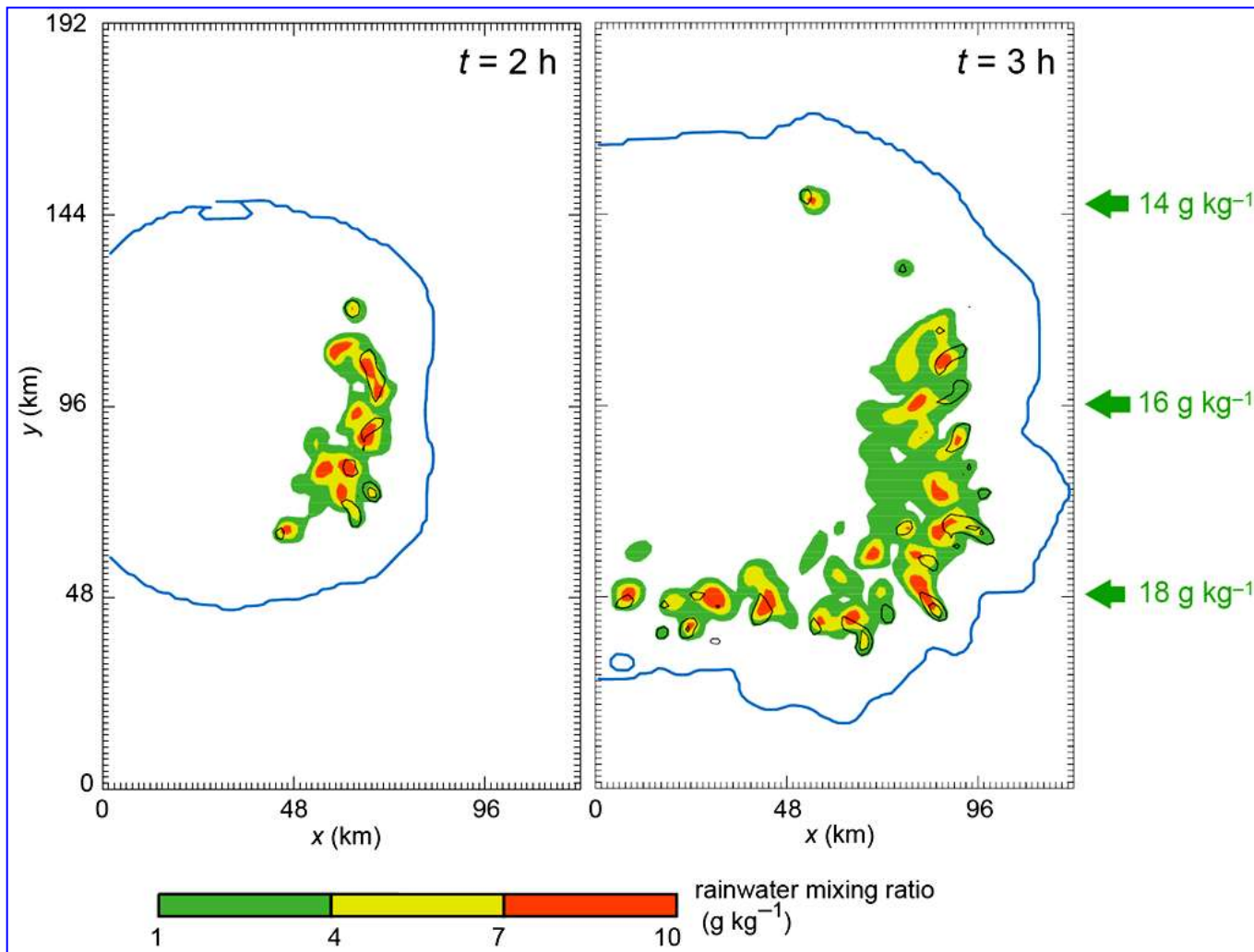


Simulación de convección multicelular con hodógrafa curva. La hodógrafa se muestra en (a), los números azules indican alturas sobre el suelo en km. Los vectores magenta, gris y verde indican el movimiento celular (c), el viento medio de 0-1 km relativo a la tormenta (v-c), y el vector diferencia viento 0-1 km (S). (b)-(d) secciones horizontales que muestran la corriente ascendente a una altura de 5 Km (sombreado de color) y el contorno temperatura potencial de -1 K (aproximadamente la ubicación de la frontera del flujo sliente) a 60, 75, y 90 min, respectivamente.

La propagación de los multicelulares puede también ser influenciado por *inhomogeneidades* del entorno:

- frentes sinópticos
- discontinuidades del terreno
- gradientes horizontales de T y/o H
- etc.

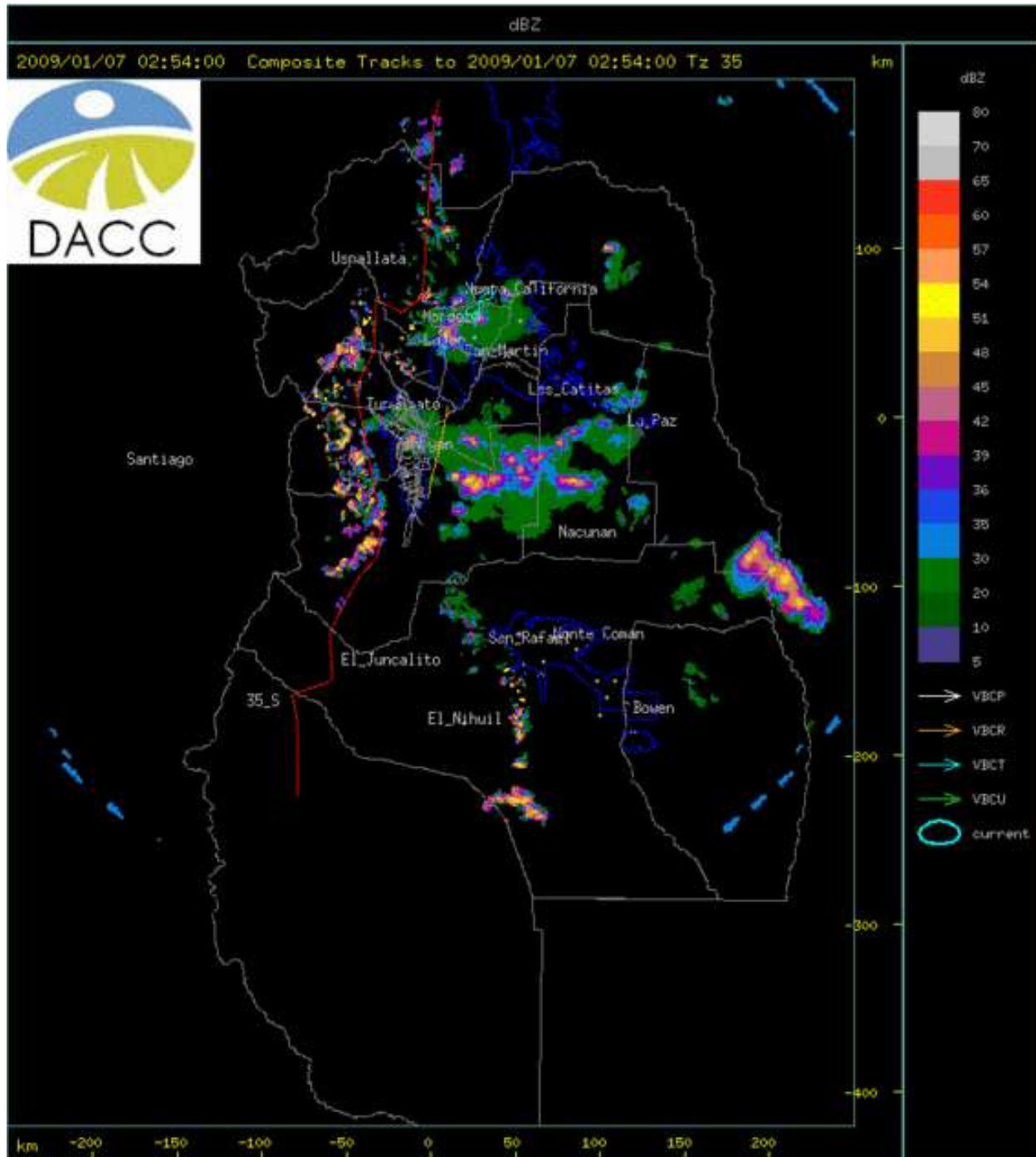
Ocasionalmente algunas heterogeneidades inducen la propagación de sistemas en dirección contraria a la dirección de movimiento de las celdas individuales (*backbuilding multicelular convection*)



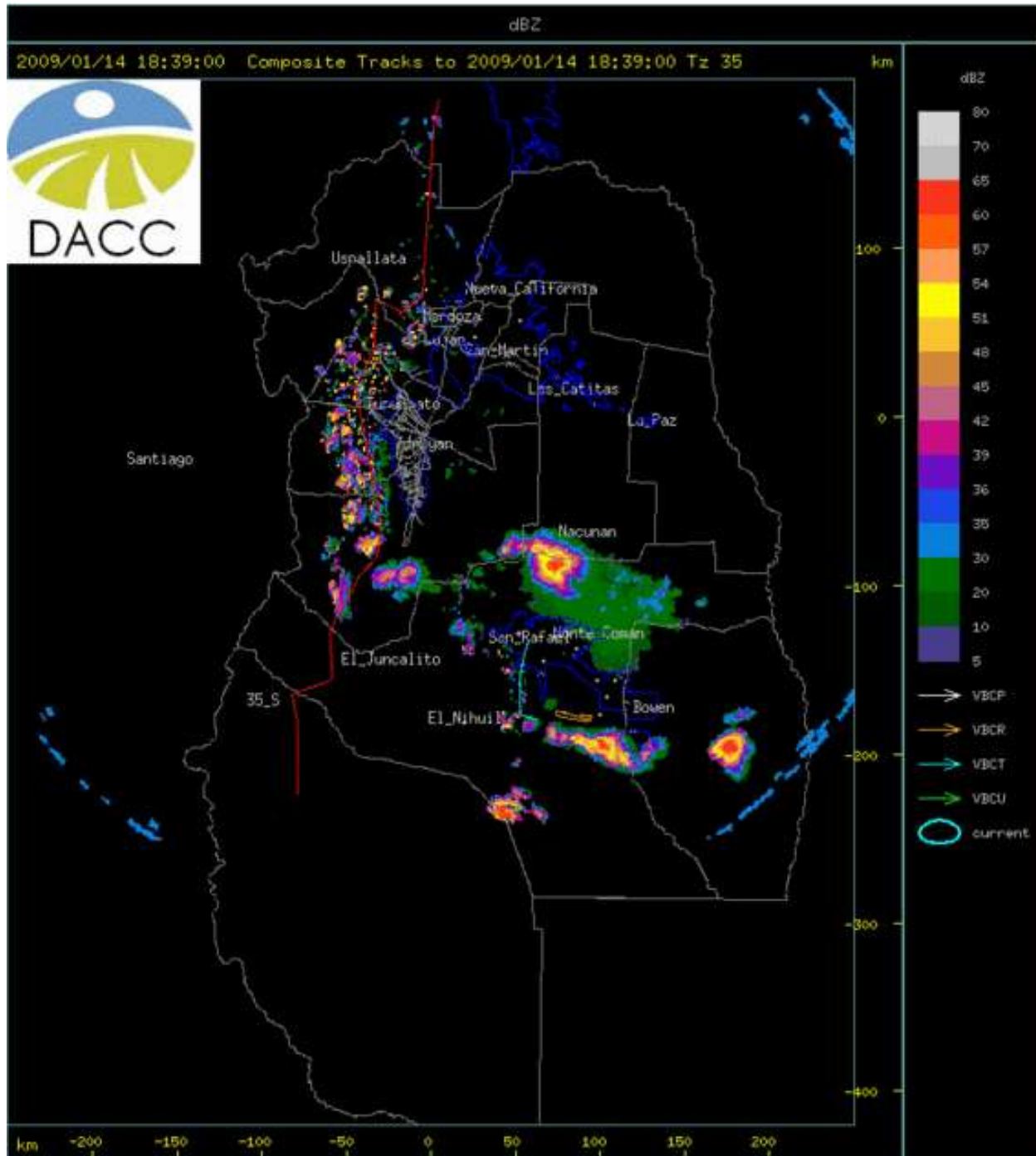
La propagación tiene una componente hacia menores CIN, cuando existe un gradiente horizontal de humedad.

Propagación simulada de convección multicelular en un medio con humedad horizontalmente variable. El gradiente de humedad es hacia el S, las relaciones de mezcla en superficie se indican en el extremo derecho. La cortante ambiental es del W en todos los niveles. Los campos de lluvia y velocidad vertical (isotacas de 5 y 15 m s^{-1}) se muestran a 4.6 km AGL en $t = 2 \text{ h}$ y $t = 3 \text{ h}$ a fin de ubicar las células convectivas. El contorno de temperatura potencial de -1 K en el nivel más bajo se resalta en azul para indicar la ubicación del frente de ráfagas. En un entorno horizontalmente homogéneo, la convección se propagaría hacia el E, lo que resulta en un movimiento del sistema a una velocidad mayor que la media del viento, que también es del W. Sin embargo, el gradiente de humedad ambiental en este caso se asocia a un gradiente de CIN, con menor (mayor) CIN al S (N) donde la humedad está por encima (por debajo) del promedio. Por lo tanto, la propagación de la convección tiene una componente adicional hacia el S, lo que resulta en un movimiento del sistema en general hacia el SE.

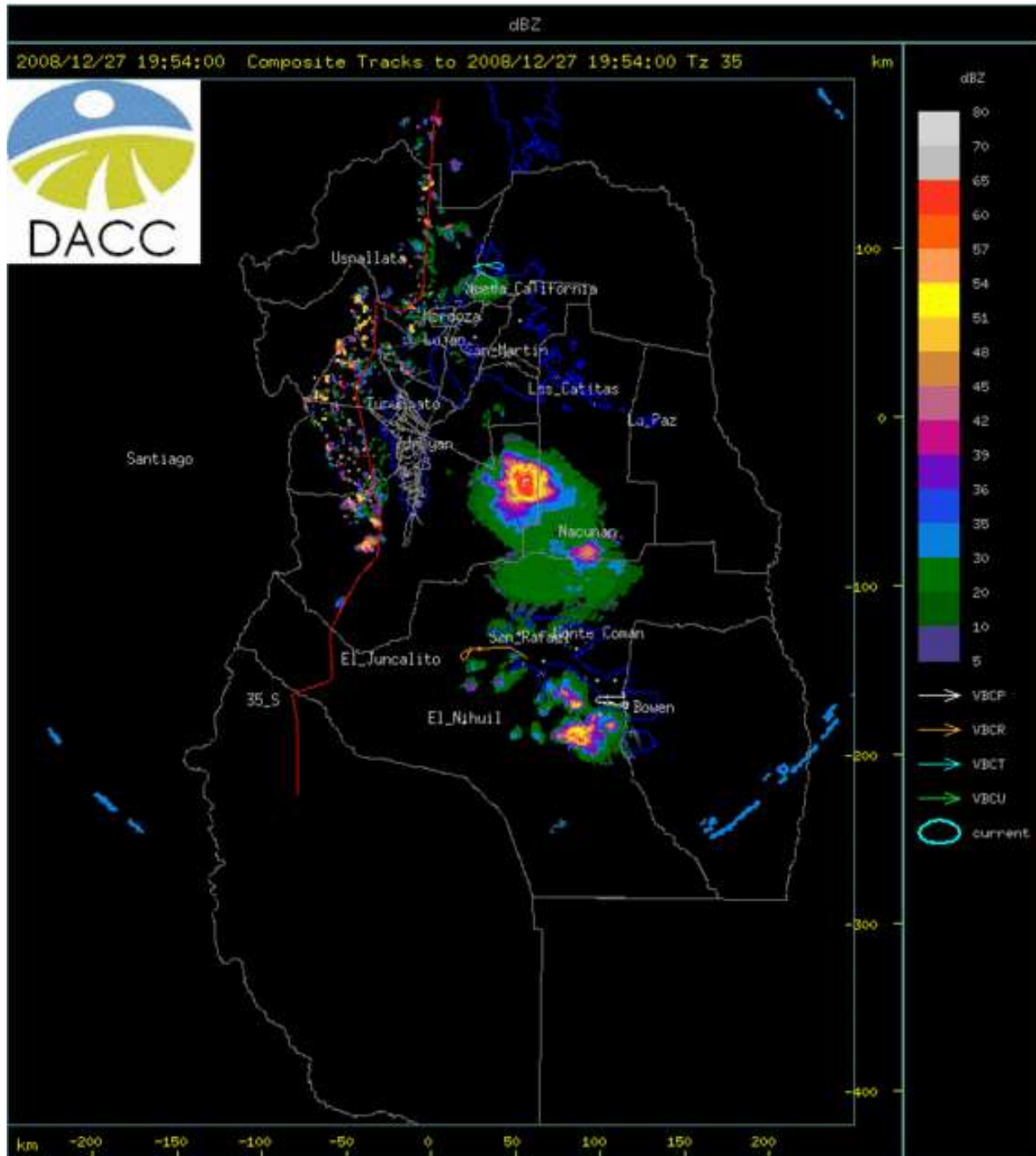
Ejemplo 1



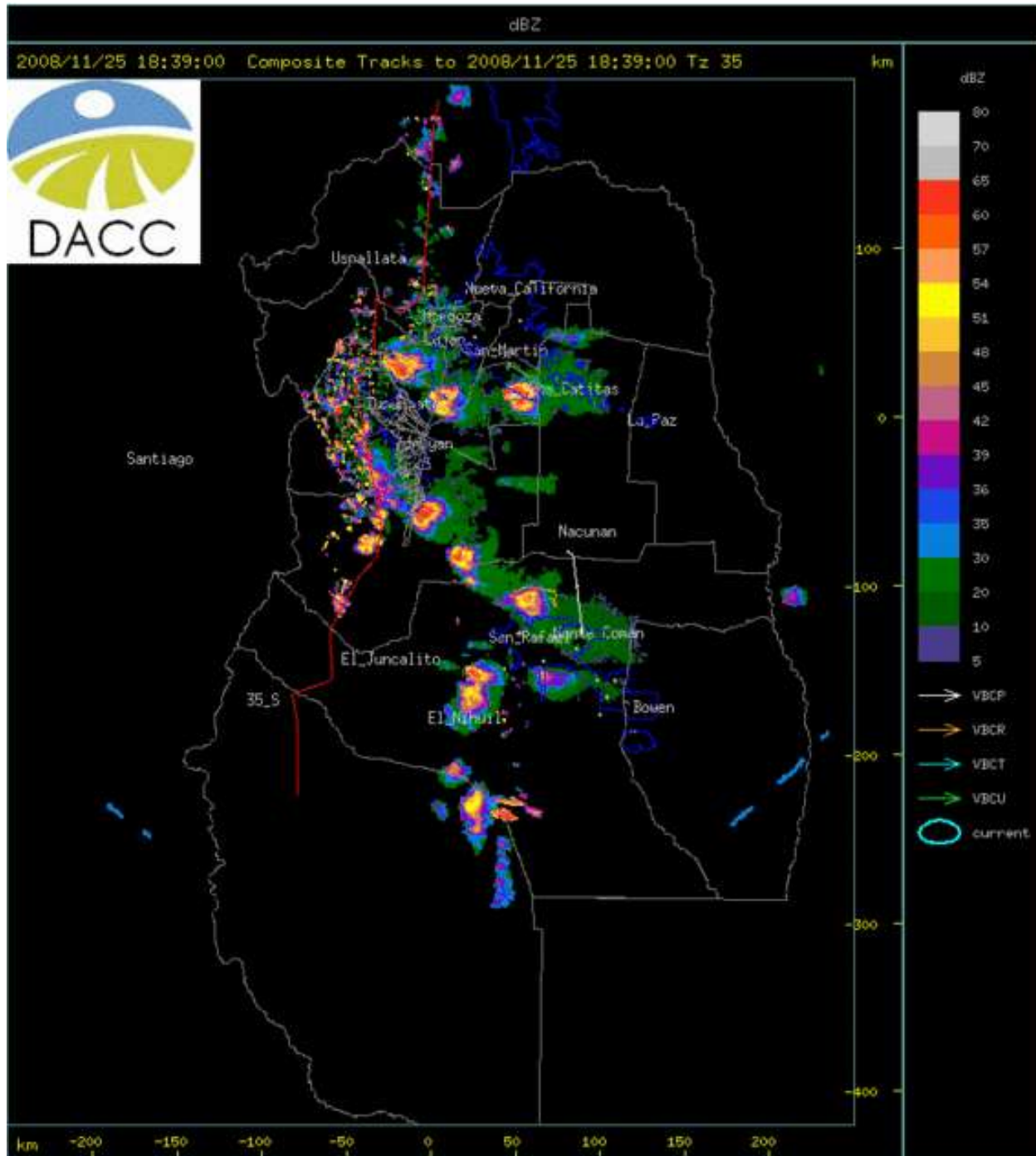
Ejemplo 2



Ejemplo 3



Ejemplo 4



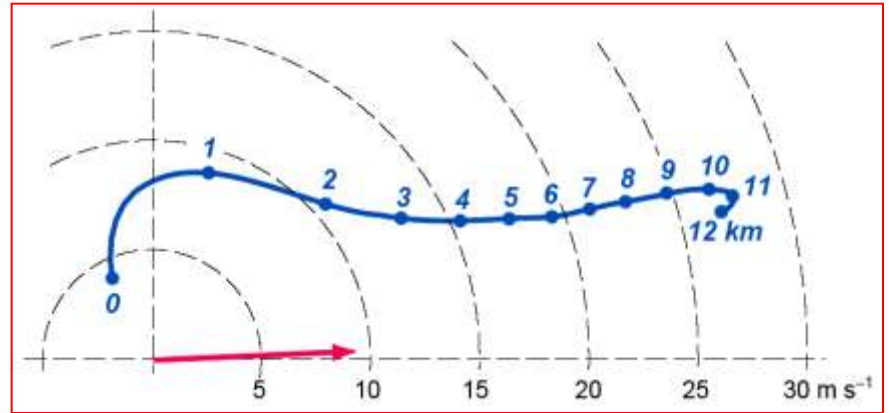
Convección Supercelular

1. Definición y características del entorno

Son sistemas convectivos caracterizados por la presencia de un profundo *mesociclón* dentro de la ascendente.

Un mesociclón es una región de vorticidad vertical con profundidad característica de 3-8 km y magnitud del orden de 10^{-2} s^{-1} , extendiéndose por más de la mitad de la profundidad de la ascendente y con una persistencia suficiente como para que una parcela pase a través de toda la ascendente (~ 20 min).

Su propagación se distingue de las multicelulares ya que no depende de la generación de nuevas celdas en el frente de ráfagas.



Hodógrafa compuesta basada en una muestra de más de 400 sondeos de entornos de tormentas supercélulas con rotación ciclónica. El movimiento medio de la tormenta se indica mediante la flecha de color magenta. Nótese que éste se encuentra no sólo más hacia la derecha que el viento medio, sino más hacia la derecha que todos los vientos que definen la hodógrafa.

Ocurren en ambientes con gran cortante vertical y hodógrafas frecuentemente curvadas (aunque la curvatura no es una condición necesaria). Las formas características de la hodógrafa del entorno se relacionan en gran medida con las características de propagación de los supercelulares.

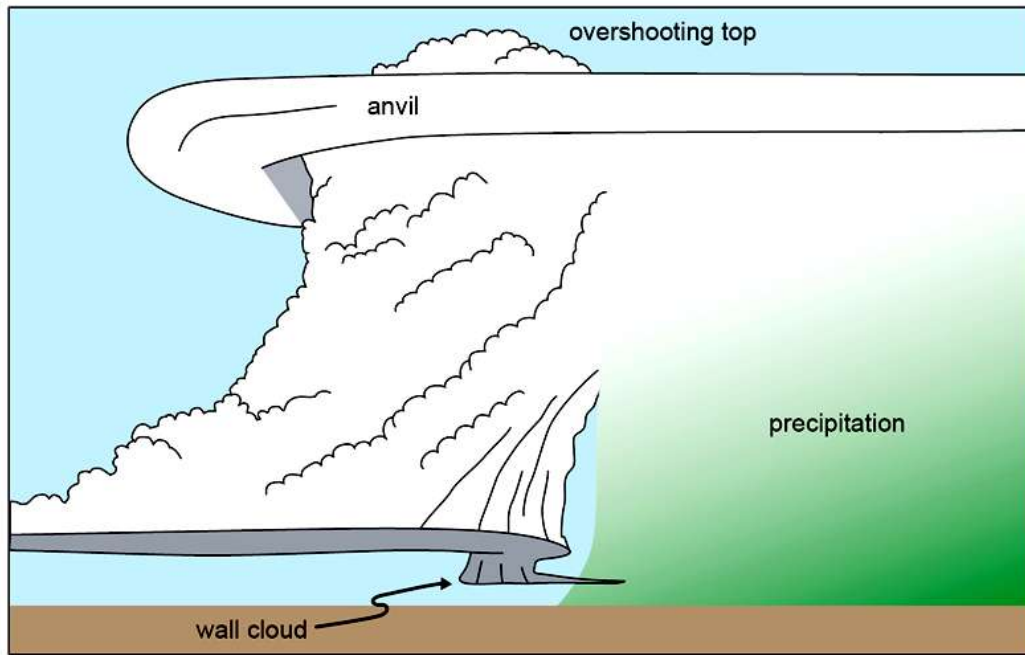
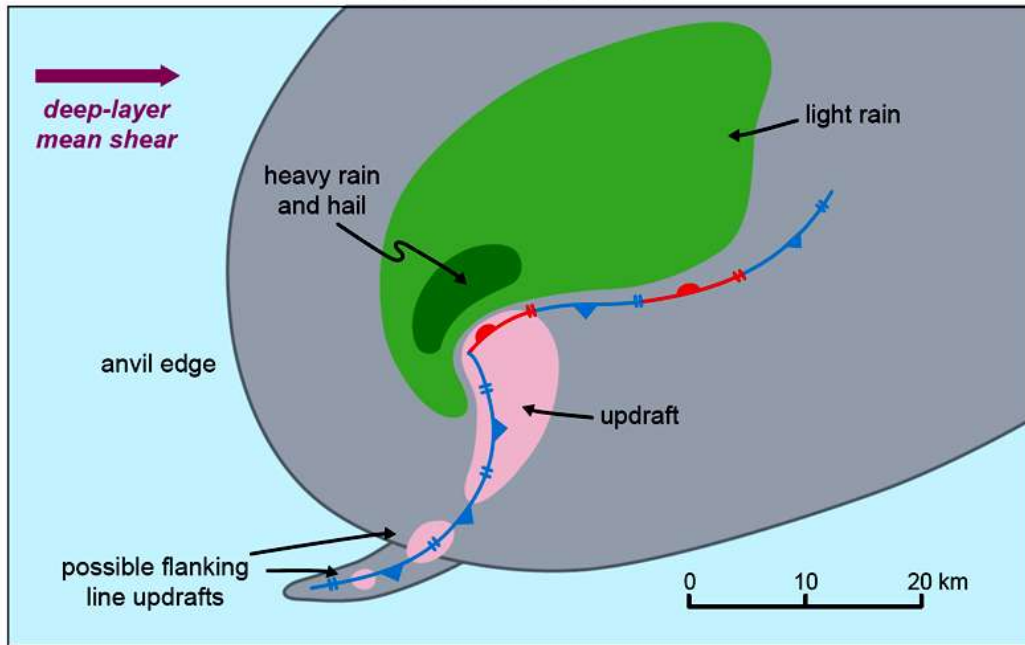
La vorticidad horizontal generada por la cortante vertical en el entorno de una supercelda:

- es la fuente de vorticidad vertical en capas medias del mesociclón
- tiende a extenderse sobre una profundidad considerable de la troposfera (implicando significativos vientos relativos a la tormenta a lo largo de casi toda la troposfera)

El gradiente vertical de presión inducido dinámicamente por la interacción de la ascendente con la cortante, así como los efectos dinámicos asociados al mesociclón, pueden incluso intensificar el ascenso de varias formas. Esto distingue a las superceldas de las de las demás.

También el CAPE suele ser considerable en entornos favorables para las superceldas (>1000 J/kg), aunque no es condición necesaria para su formación.

classic supercell



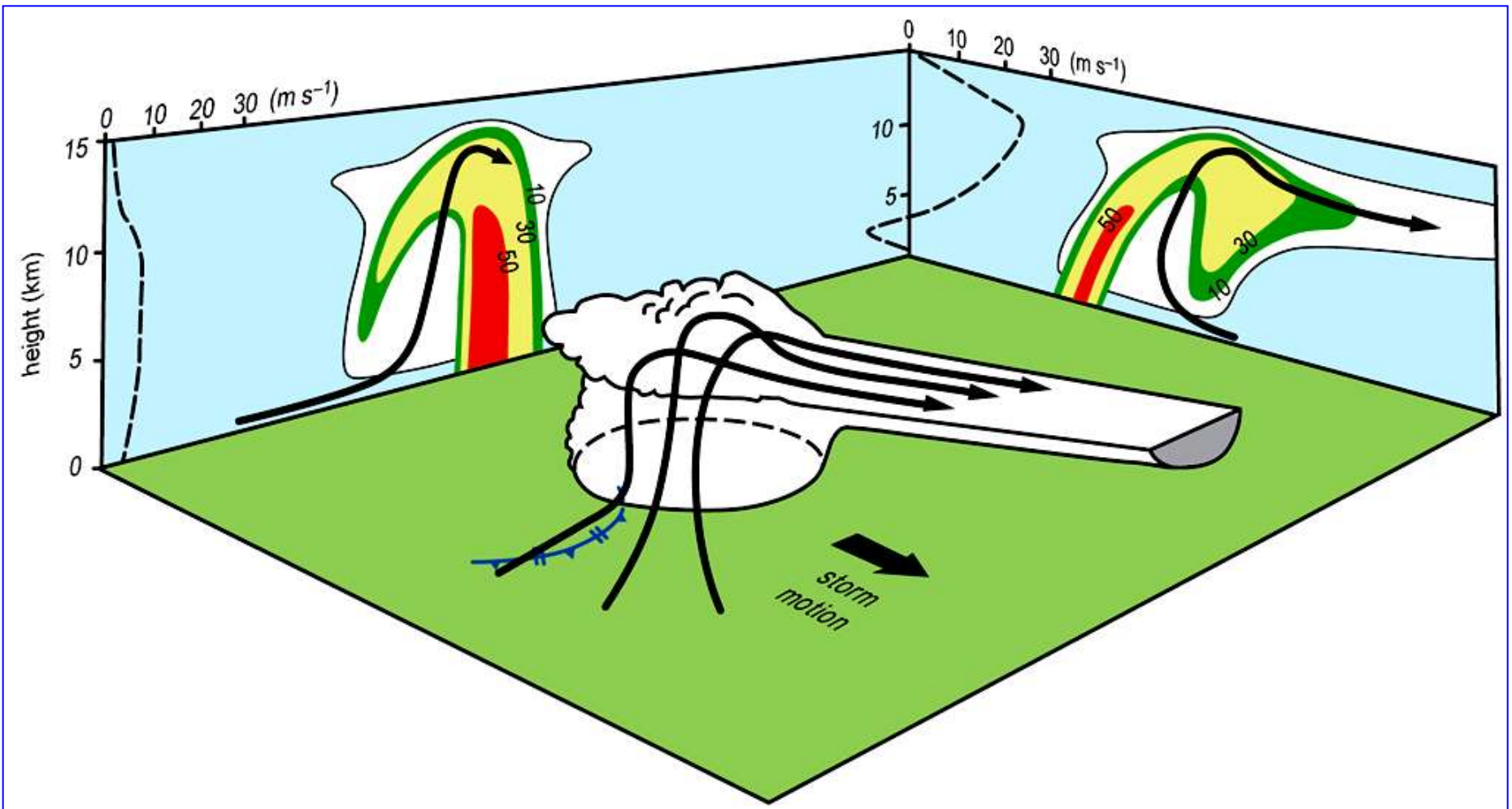
2. Estructura de las superceldas

Se caracterizan por una **ascendente principal** de apariencia casi-estática (ocasionalmente también puede tener una línea flanqueadora contigua de ascendentes menos profundas), con velocidades verticales que pueden exceder los 180 km/h.

Estructura de lo que a veces se denomina una supercélula clásica. Arriba: corte horizontal de la estructura de radar de bajo nivel y características de las nubes. Abajo: esquema del aspecto visual desde el punto de vista de un observador situado al sur de la tormenta.



Una nube pared a menudo se presenta en la base de la ascendente, debido a aire húmedo y frío originado en las zonas de precipitación, que es conducido a la ascendente alcanzando la saturación a menor altura que aquella a la cual se satura el aire del entorno por ascenso adiabático (NCA).

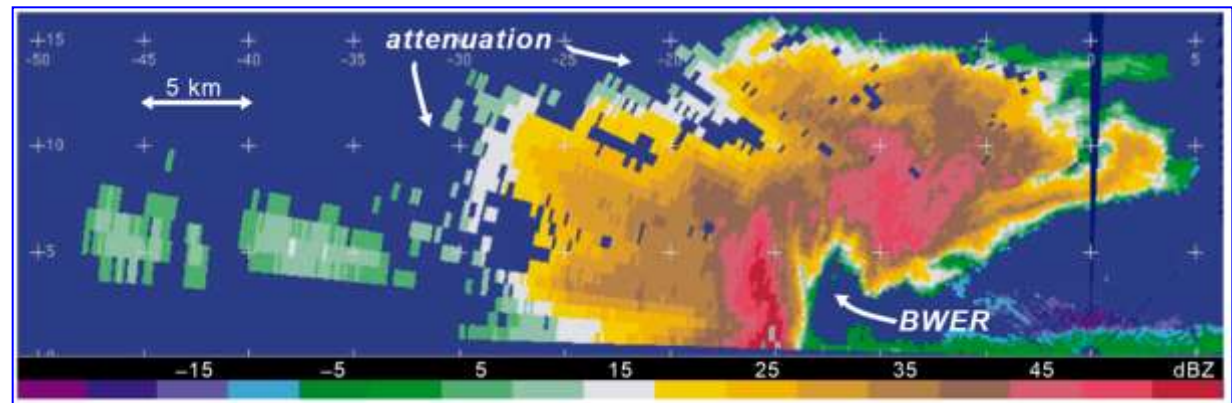
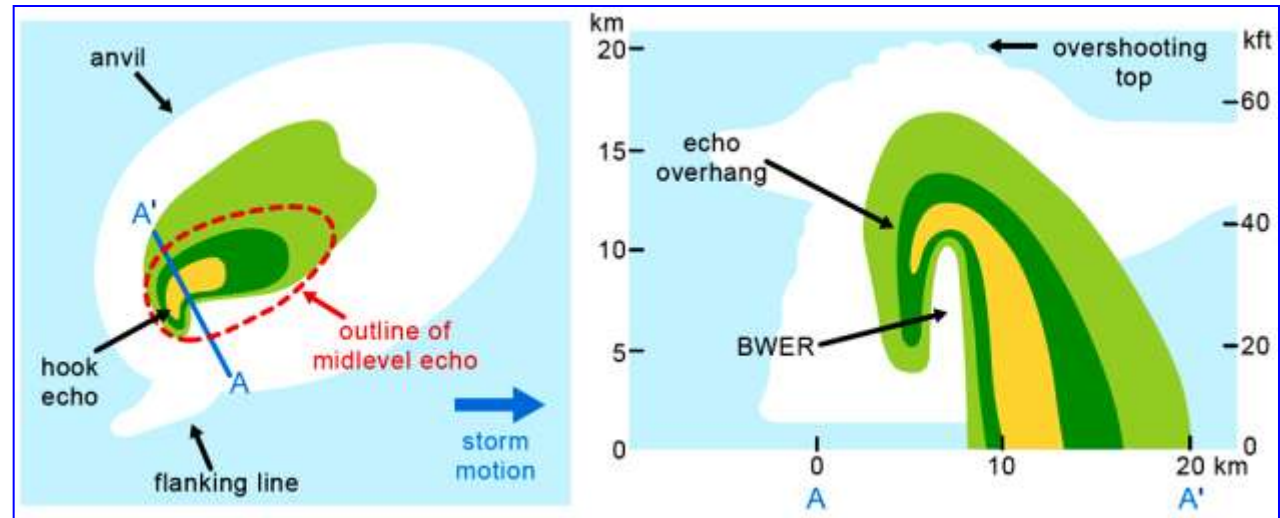


Vista en perspectiva de una supercélula que representa el flujo de aire relativo a la tormenta y la estructura de reflectividad. Los contornos de reflectividad son 10, 30, y 50 dBZ. También se muestra el frente de ráfagas de flanco trasero.

Una fuerte ascendente está típicamente asociada a un mínimo de reflectividad llamado “región limitada de eco débil” (BWER).

En niveles bajos el BWER puede no estar limitado.

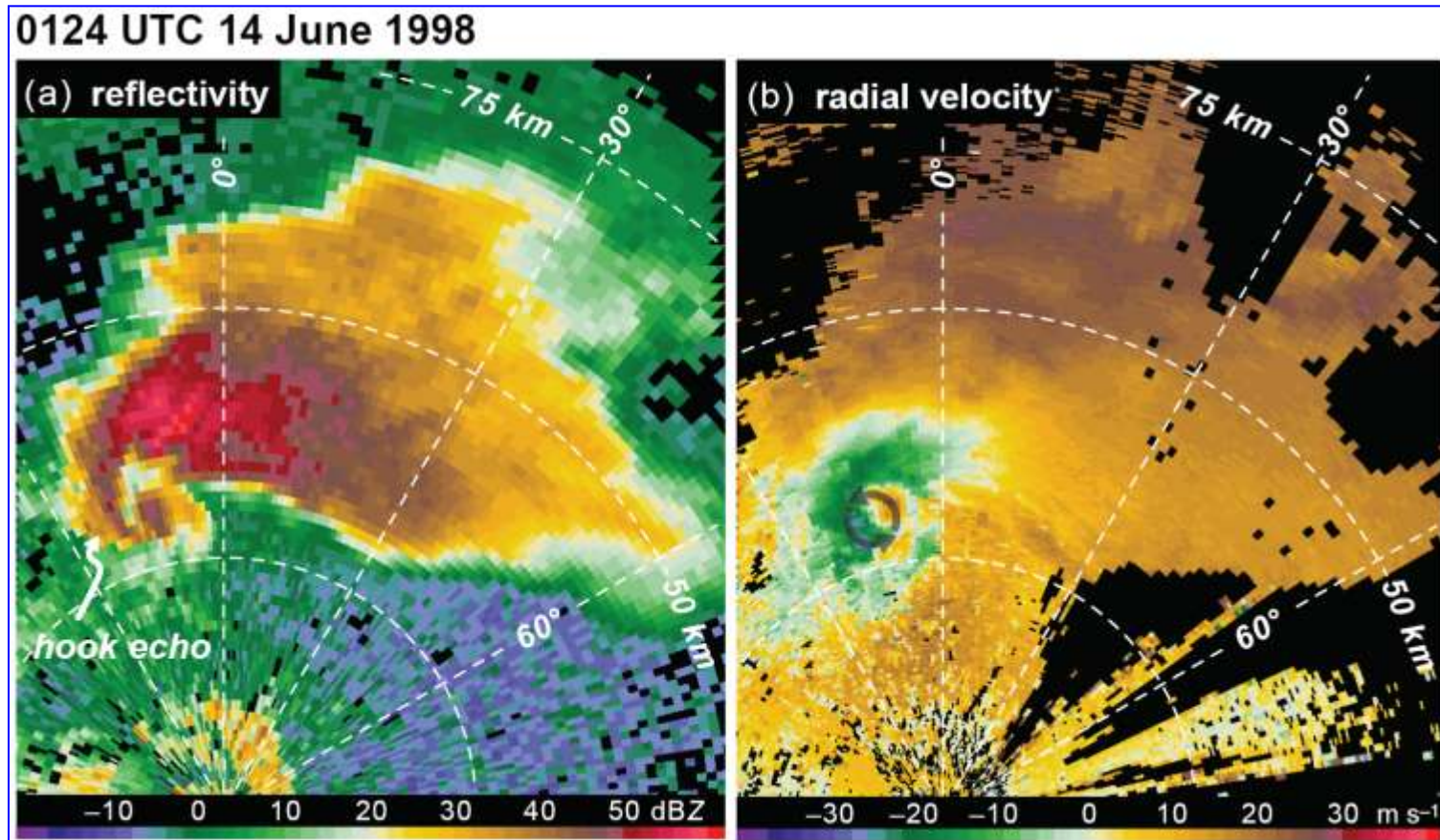
La extensión hacia abajo de la parte posterior del ‘eco voladizo’ (*overhang*) que cubre el BWER, forma un eco en forma de ‘gancho’ (*hook*) en las imágenes a baja altura.



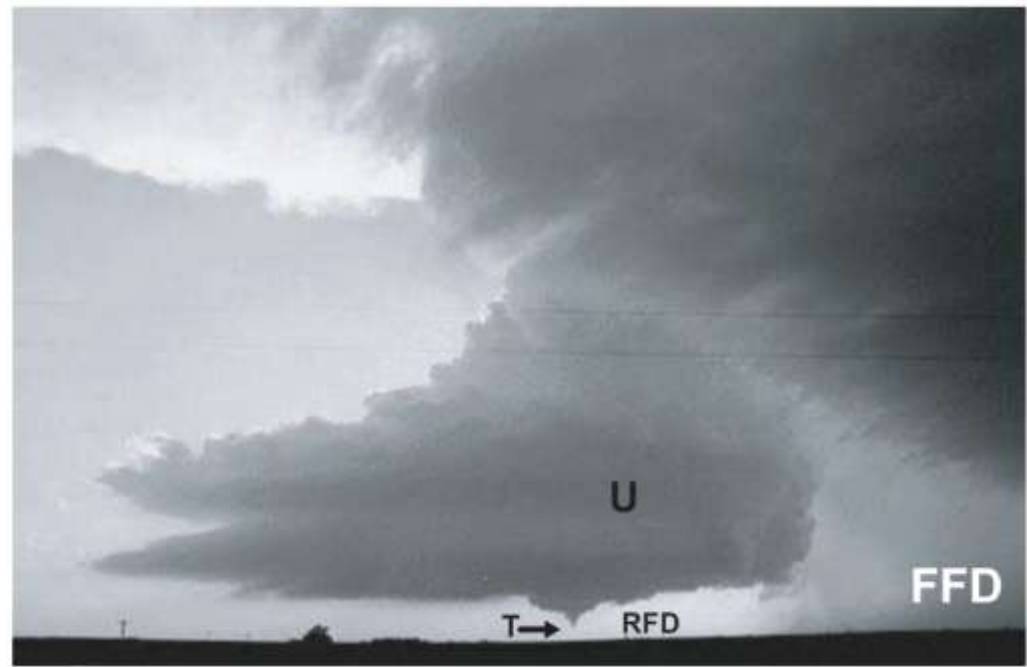
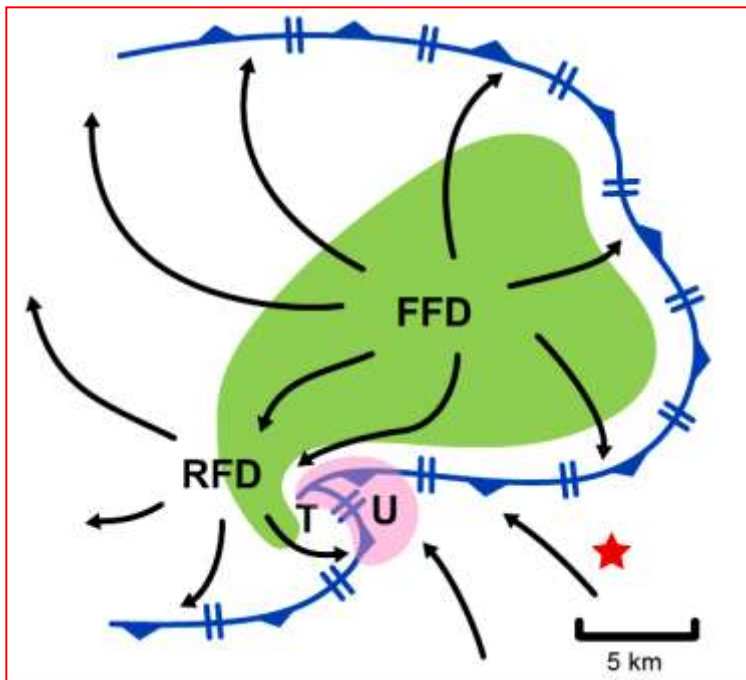
Arriba: esquema de la estructura de reflectividad de una supercélula, que muestra la relación entre la región limitada de eco débil (BWER), el tope y el eco gancho. El sombreado verde y amarillo indica débil, moderada y alta reflectividad de radar en niveles bajos (arriba izquierda) y en una sección transversal vertical (arriba derecha). Abajo: corte vertical de reflectividad de radar real en una tormenta supercélula obtenida de un radar de exploración helicoidal montado en la cola de un avión a las 2306 UTC del 16 de mayo de 1995 durante el experimento VORTEX.

En el Doppler, el mesociclón está asociado a una cupla de velocidades radiales entrantes y salientes.

El eco en forma de gancho es la característica reflectiva más reconocible asociada a tormentas supercelulares.



Un eco en forma de gancho en datos de reflectividad y una cupla entrante/saliente en datos de velocidad radial son las características definitorias de radar para supercélulas en exploraciones de radar de baja altitud. Las imágenes son (a) la reflectividad y (b) la velocidad radial. El par de velocidad radial entrante/saliente está orientado de manera que el contorno cero es aproximadamente paralelo a los radiales, con velocidades entrantes (salientes) al W (E), lo que implica vorticidad vertical ciclónica.



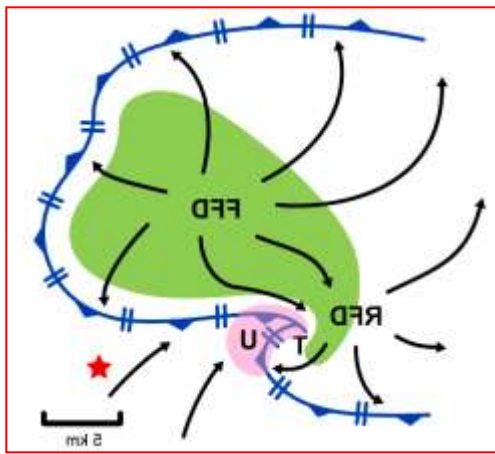
Esquema de una tormenta supercélula. El sombreado verde se aproxima a la región de la precipitación como se ve por el radar. Se indican las ubicaciones de las descendentes delantera (FFD) y trasera (RFD). El sombreado rosa se aproxima a la región de la ascendente principal (U). Se indica la ubicación típica de un tornado (T). El límite del flujo saliente se indica por el contorno azul. Se dibujan algunas líneas de corriente relativas a la tormenta. La estrella indica el punto de vista aprox. de la fotografía de la derecha.

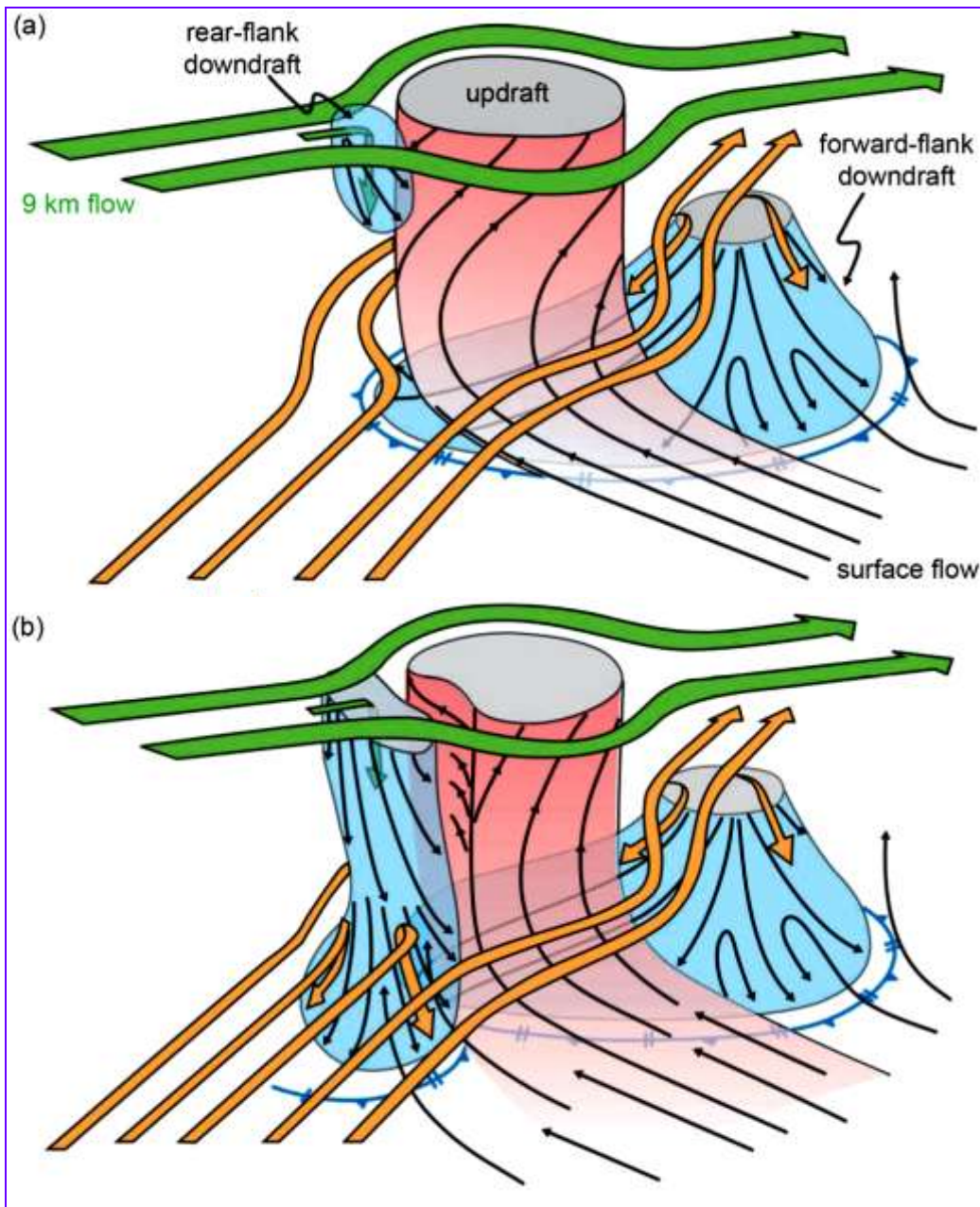
Existen 2 regiones descendentes principales:

- * Descendente trasera (RFD)
- * Descendente delantera (FFD)

Ambas descendentes inducen una estructura de frente de ráfagas en superficie, que asemeja la de los ciclones extratropicales.

Durante la intensificación de la rotación, puede desarrollarse una ‘descendente de oclusión’ (de escala menor y generalmente embebida dentro de la RFD muy cerca de la U), conducida por una fuerza de presión hacia abajo asociada a la intensificación de la vorticidad vertical en superficie.



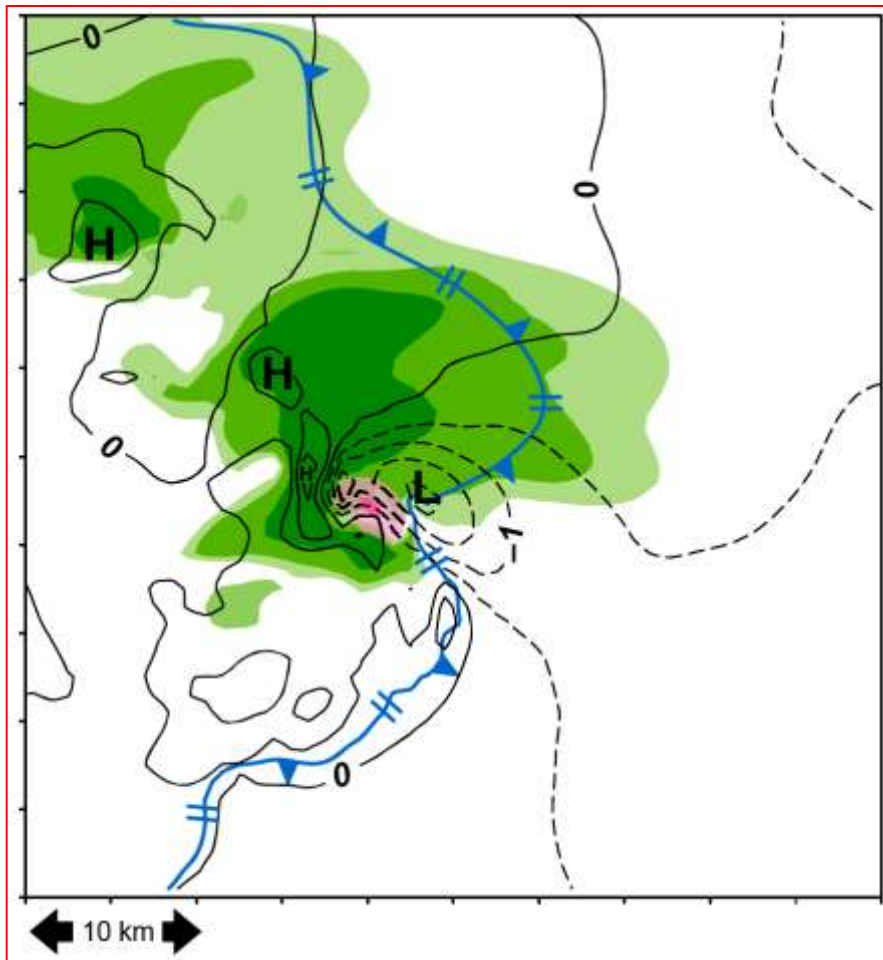


La RFD se forma cuando vientos secos de niveles altos inciden sobre la parte trasera de la ascendente, induciendo enfriamiento por evaporación y un consecuente empuje negativo.

También hay una fuerza de presión dinámica hacia abajo que ayuda la formación de la RFD.

Debido a los fuertes vientos y cortante en altura, el grueso de los hidrometeoros es depositado en el flanco delantero. La carga de hidrometeoros y el empuje negativo debido al enfriamiento por evaporación de lluvia, mezcla y sublimación de hielo, conducen a la formación de la FFD.

Esquema tridimensional de la estructura ascendente y descendente en una tormenta supercélula (a) etapa temprana, y (b) etapa de madurez. Uno de los aspectos de este modelo conceptual que probablemente no debería ser tomado demasiado literalmente es el descenso de aire desde gran altura todo el camino hasta la superficie.



Perturbaciones de presión a $z = 125 \text{ m}$ en una simulación de supercélula. Contornos cada $0,5 \text{ mb}$ (negativos cortados). El frente de ráfagas en línea azul (perturbación de temperatura potencial de -1 K). Los verdes indican las concentraciones de agua de lluvia de $1-3 \text{ g kg}^{-1}$, $3-5 \text{ g kg}^{-1}$, y $> 5 \text{ g kg}^{-1}$, en $z = 1125 \text{ m}$. Los rosas indican velocidades ascendentes de $8-12 \text{ m s}^{-1}$ y $> 12 \text{ m s}^{-1}$, en $z = 1.125 \text{ m}$. La mínima presión está en la región de fuertes vientos del E que fluyen hacia la ascendente.

La “*afluencia*” (flujo entrante) dentro de la ascendente de una supercelda suele ser fuerte y con vientos superiores a 75 km/h .

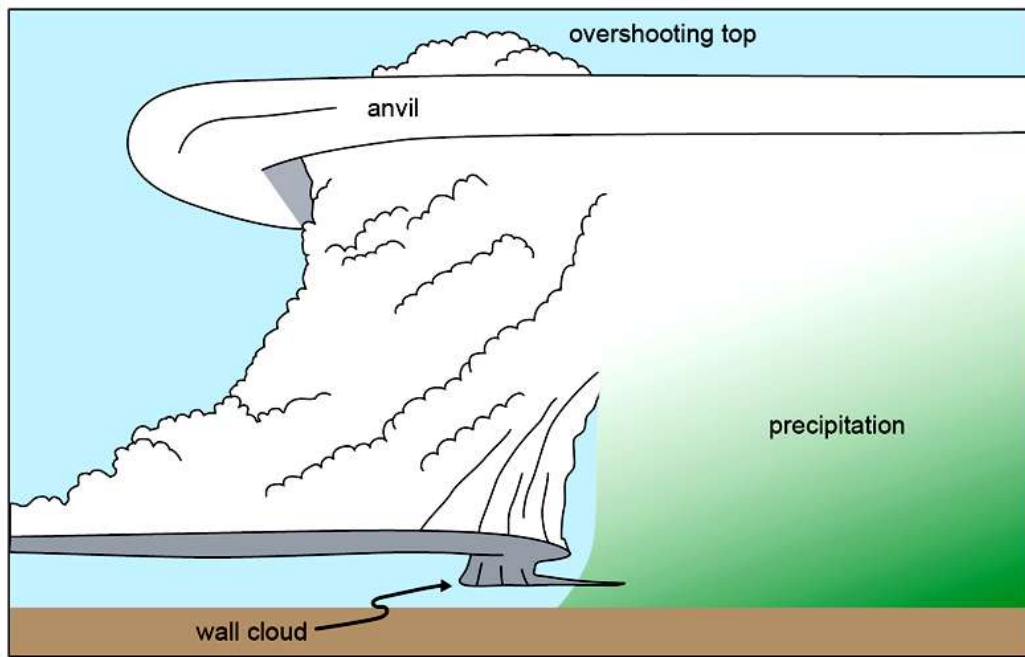
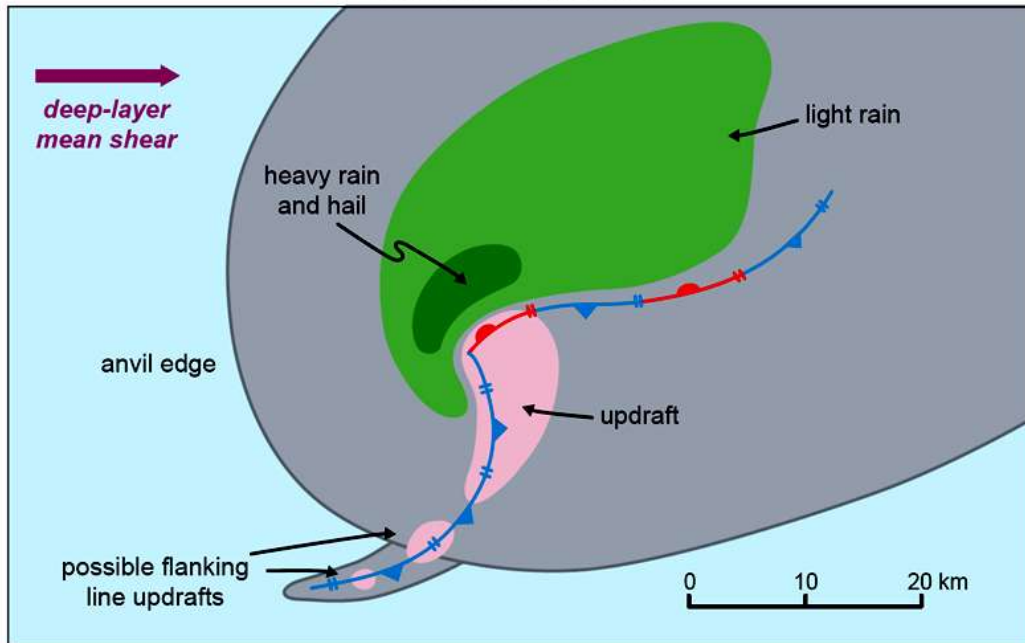
La región de afluencia se asocia a un mínimo dinámico de presión de $1-3 \text{ mb}$ llamado “*baja de afluencia*”.

De acuerdo a la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{\rho v^2}{2} + p = cte \Rightarrow \Delta p = -\frac{\rho}{2}(v^2 - v_e^2)$$

A lo largo de una línea de corriente, si la p disminuye, la velocidad aumenta y viceversa. Así, una baja de afluencia ocurre en una tormenta convectiva fuerte con flujo acelerado hacia la base de la ascendente. De la ecuación, con $\rho = 1 \text{ kg/m}^3$, una aceleración de 5 a 20 m/s produce un descenso de p de 2 mb .

classic supercell

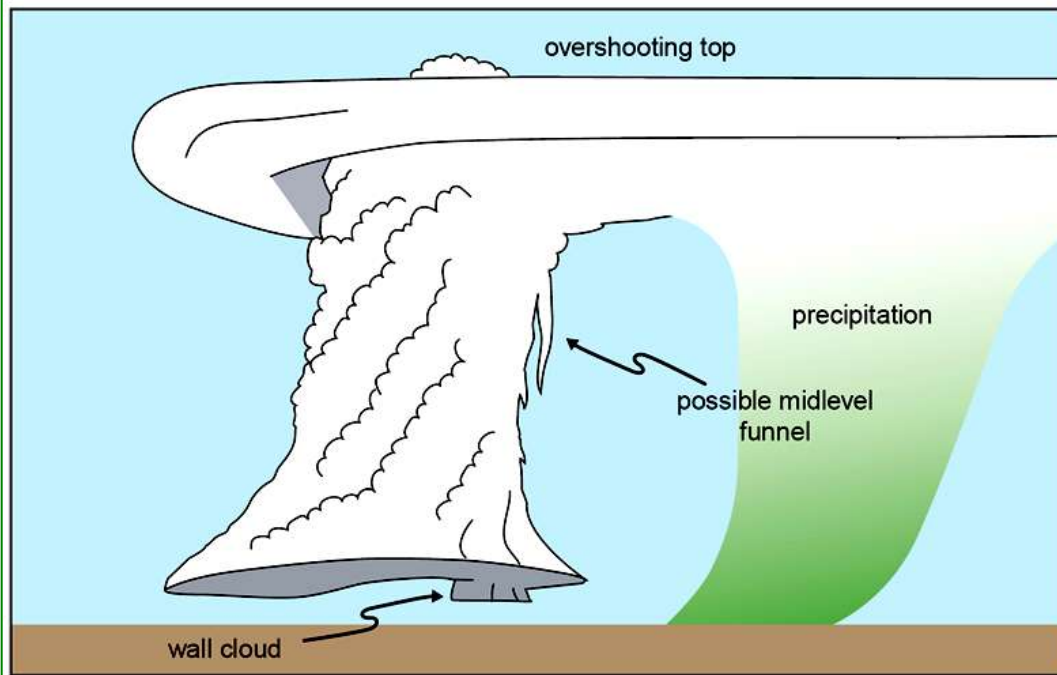
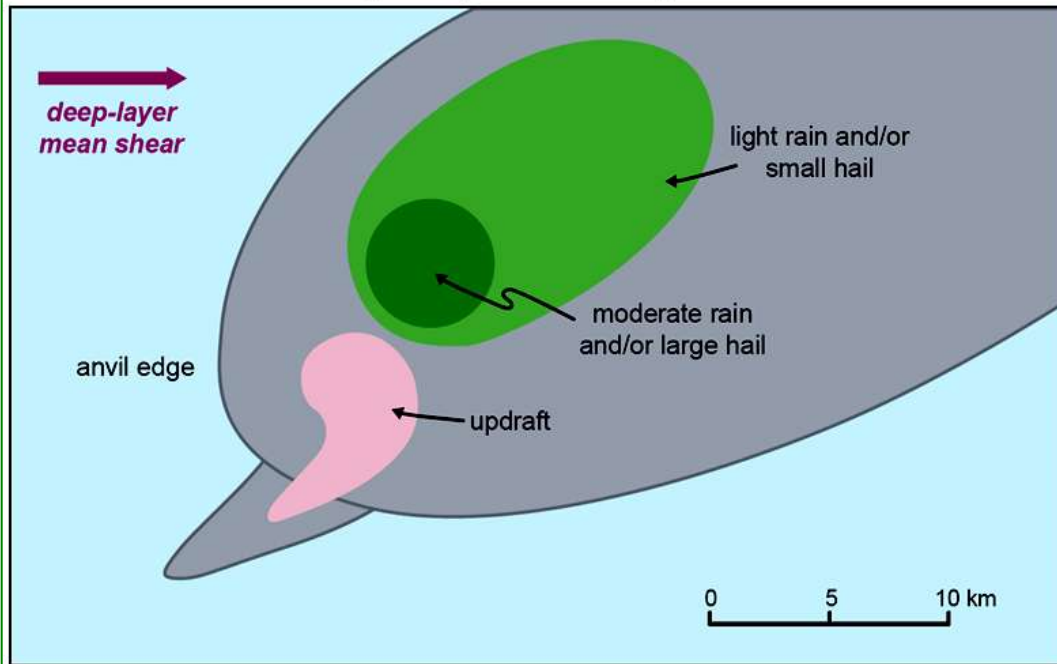


Las superceldas originalmente reportadas y estudiadas, son denominadas actualmente como “*superceldas clásicas*” (CL).

Pero también existen las “*superceldas de baja precipitación*” (LP), y las “*superceldas de alta precipitación*” (HP).

Las CL presentan la mayor parte de su precipitación en la FFD, con una pequeña parte dentro del eco gancho en la parte trasera de la ascendente.

low-precipitation supercell

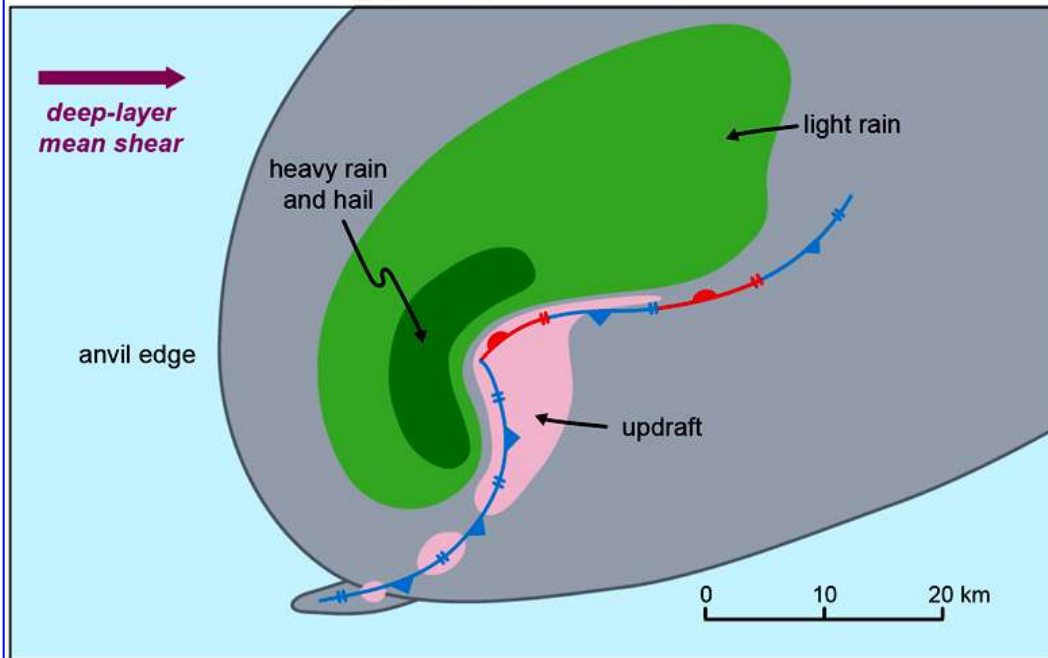


Las LP presentan casi toda su precipitación desplazada lejos de la ascendente en la FFD, donde la mayor parte se evapora antes de tocar el suelo.

En el radar sólo exhiben un eco débil (<45 dBZ), sin eco gancho.

La RFD puede estar completamente ausente y la formación de tornados es muy rara.

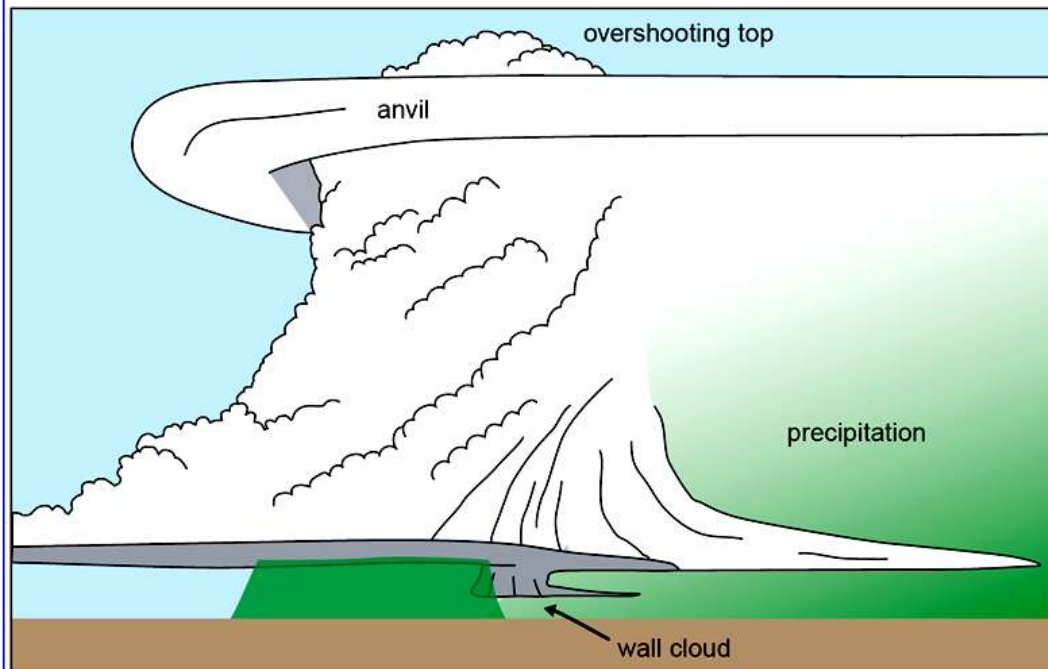
heavy-precipitation supercell



Las HP muestran una gran cantidad de precipitación en la región del eco gancho en la parte trasera de la tormenta.

Visualmente la ascendente es difícil de distinguir por la precipitación, que en el radar puede tener una apariencia de frijol arriñonado.

Las descendentes suelen ser intensas, pero los tornados no son tan frecuentes como en las CL, quizá debido a que las fuertes descendentes repetidamente entrecortan la ascendente con aire frío. En lugar de ello son frecuentes los '*downburst*' y el *granizo* de gran tamaño.



LP



Las superceldas LP-CL-HP deberían verse como un continuo, sobre el cual la transición LP-CL es la que presenta tornados más dañinos.

El tipo de supercelda depende fuertemente de los vientos relativos a la tormenta en niveles altos (9-12 km):

$V < 18 \text{ m/s} \Rightarrow$ los hidrometeoros tienden a caer cerca de la ascendente \Rightarrow favorece al tipo HP

HP



$V > 28 \text{ m/s} \Rightarrow$ los hidrometeoros tienden a caer lejos corriente abajo de la ascendente \Rightarrow favorece al tipo LP

$18 \text{ m/s} < V < 28 \text{ m/s}$ tiende a favorecer la formación de superceldas CL

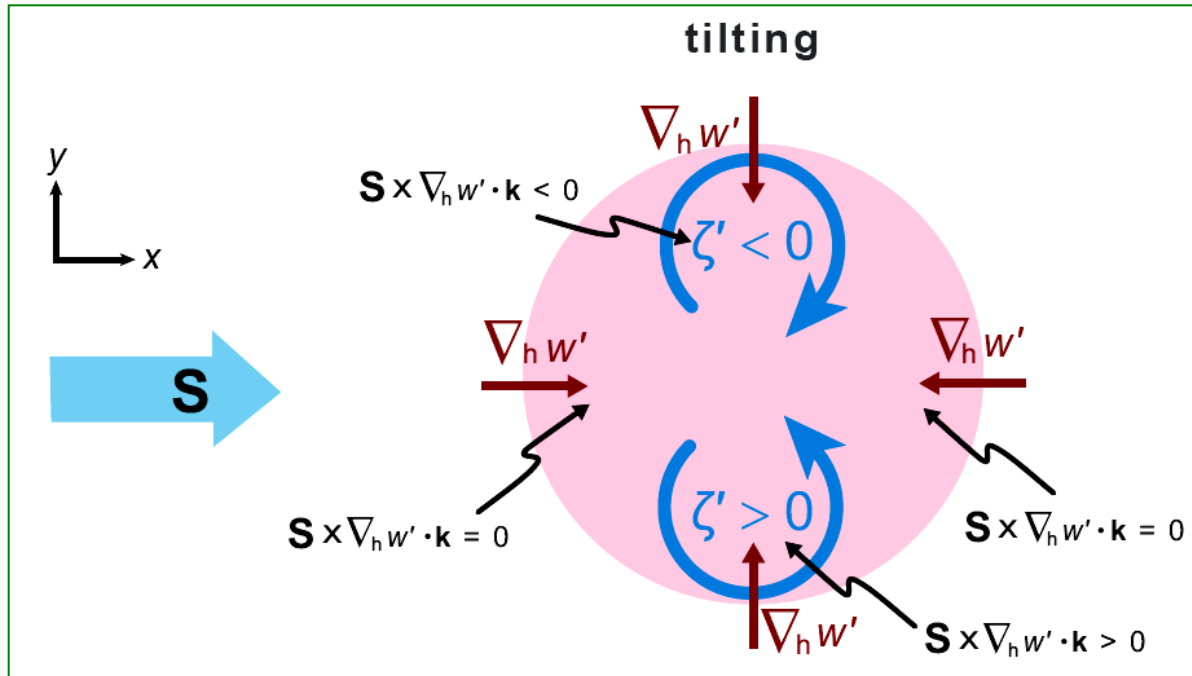
3. Origen de la rotación en niveles medios

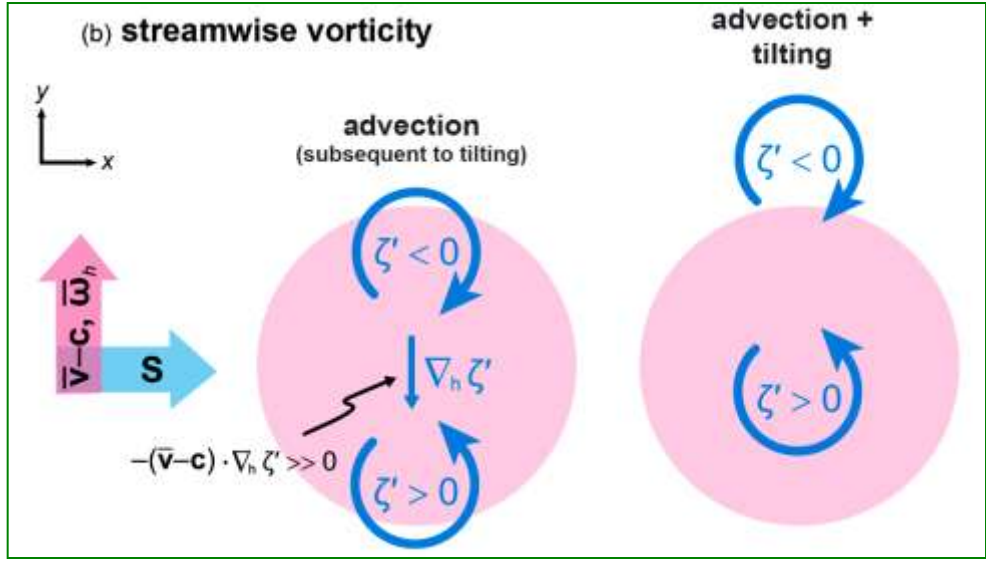
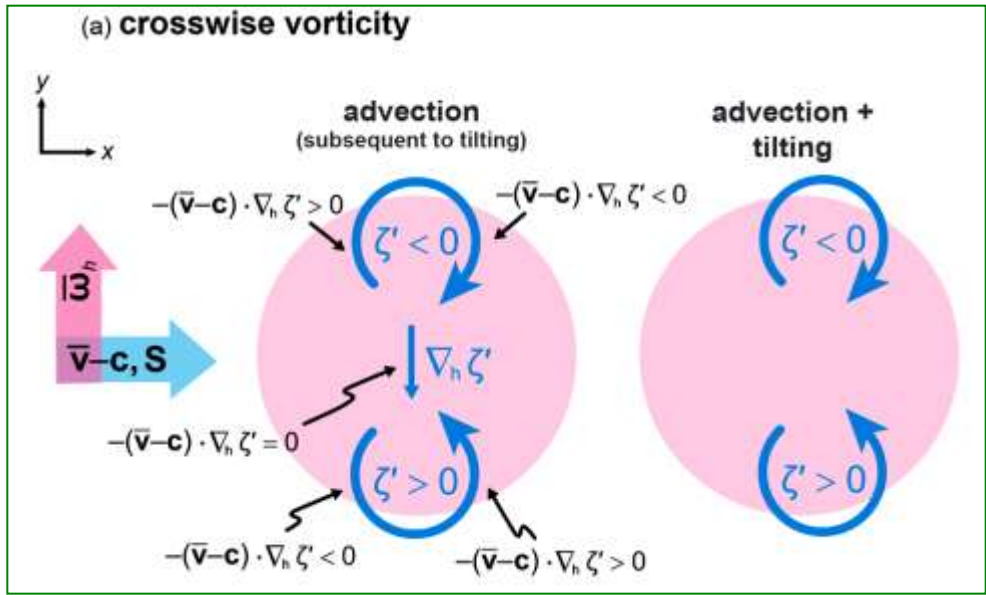
La rotación de las superceldas se debe a la ganancia de vorticidad vertical debido a **“advección”** y **“tilting”** (inclinación de vorticidad horizontal inicialmente generada por la cortante del entorno), de acuerdo a la ecuación:

$$\left(\frac{\partial \zeta'}{\partial t}\right)_{sr} = \underbrace{-\left(\bar{\mathbf{v}} - \mathbf{c}\right) \cdot \nabla_h \zeta'}_{\text{Advección}} + \underbrace{\mathbf{S} \times \nabla_h w' \cdot \mathbf{k}}_{\text{Tilting}}$$

Sólo el tilting es capaz de generar ζ' cuando inicialmente es cero en todo el dominio.

El tilting produce una cupla de vorticidad que estrangula el punto de máximo ascenso.





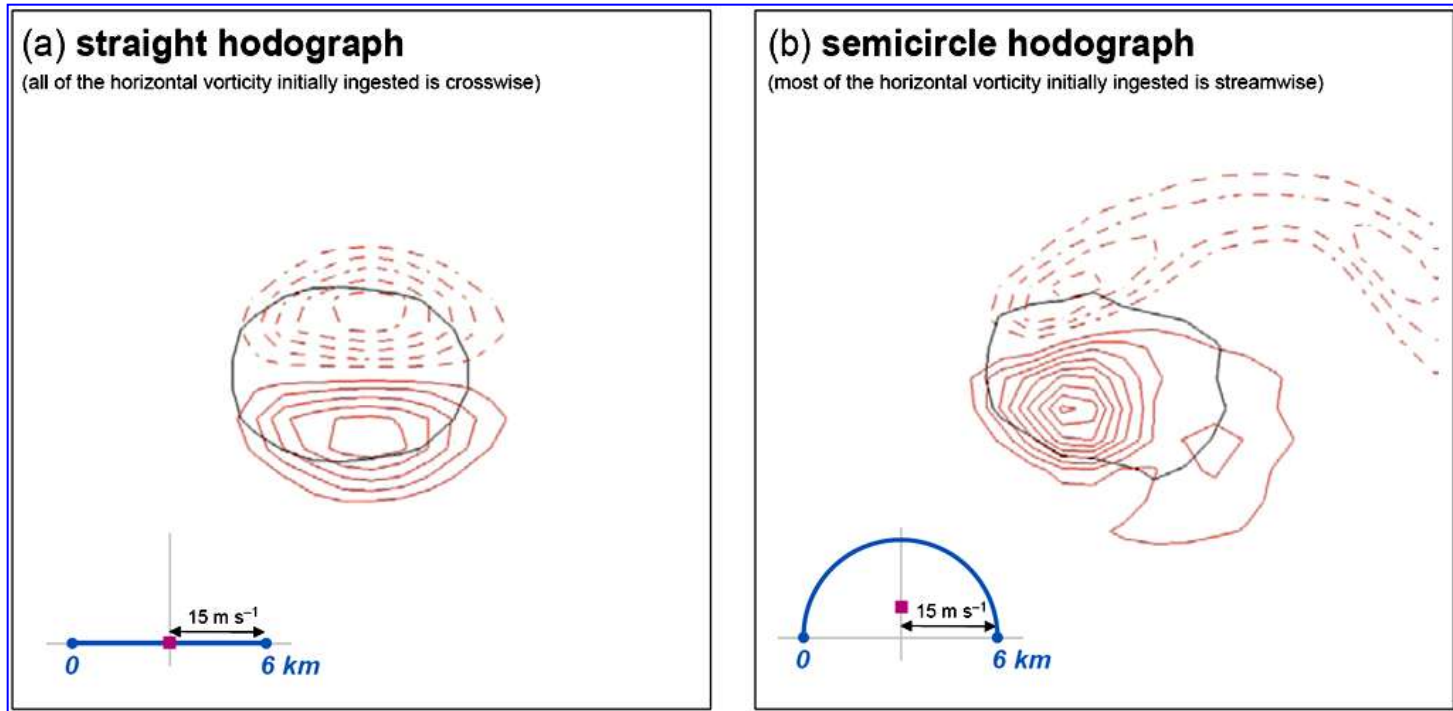
Observar que $\nabla_h \zeta' \perp \mathbf{S} \Rightarrow \nabla_h \zeta' \parallel -\bar{\omega}_h$
 Cuando $(\bar{\mathbf{v}} - \mathbf{c})$ apunta ortogonal a $\bar{\omega}_h$ tenemos un caso de 'advección transversal', y cuando apunta paralelo, de 'advección paralela'.

En el caso de advección transversal, la cupla es ligeramente corrida cortante abajo por advección debida a los vientos relativos a la tormenta a lo largo de \mathbf{S} .

En el caso de advección paralela, la advección es máxima y se produce un fuerte desplazamiento del centro de vortividad ciclónica hacia el centro de la ascendente y el de anticiclónica hacia la descendente.

$$\left(\frac{\partial \zeta'}{\partial t} \right)_{sr} = -(\bar{\mathbf{v}} - \mathbf{c}) \cdot \nabla_h \zeta' + \mathbf{S} \times \nabla_h w' \cdot \mathbf{k}$$

El corrimiento de la cupla en el caso de advección transversal es menor que el caso paralelo, ya que en el segundo el gradiente de vorticidad vertical tiene mayor magnitud. Además, para el caso de advección paralela, la vorticidad ciclónica en niveles medios es mayor que la anticiclónica, debido a la elongación que le produce la ascendente.



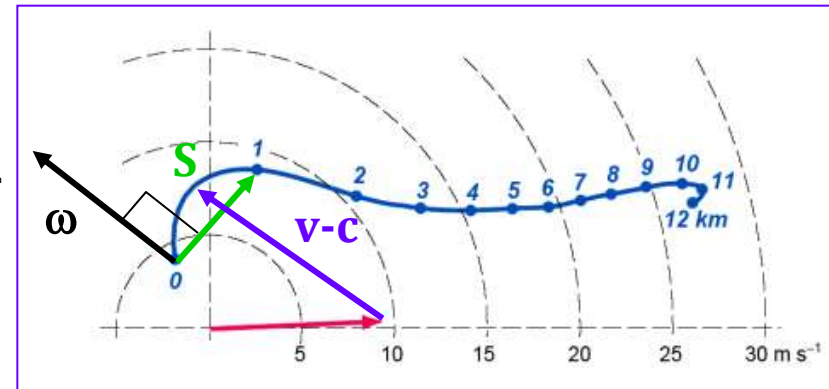
Campos de vorticidad vertical en $z = 5 \text{ km}$ a $t = 25 \text{ min}$ en simulaciones numéricas en las que se inicia una tormenta aislada usando una burbuja de calor en un entorno que tiene (a) una hodógrafa recta y (b) una hodógrafa semicircular. Contornos de vorticidad vertical son sorteados todos los $2.5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$. Contornos continuos (discontinuos) indican los valores positivos (negativos). El contorno negro fino incluye la región donde la velocidad vertical supera 5 m s^{-1} . El sondeo tenía aproximadamente 2500 J kg^{-1} de CAPE. Las hodógrafas se muestran en cada panel; el punto magenta indica el movimiento medio de la ascendente en los primeros 25 min de simulación. En el entorno de hodógrafa recta, la vorticidad horizontal se 'ingiere' puramente en forma transversal en las primeras etapas de desarrollo de la tormenta. Tenga en cuenta que la ascendente es atravesada por un par de la vorticidad ciclónica / anticiclónica de igual magnitud. En el entorno de hodógrafa semicircular, la corriente ascendente adquiere rotación ciclónica y la vorticidad anticiclónica se ubica predominantemente dentro de la descendente.

4. Vorticidad horizontal baroclinicamente generada y su efecto sobre el mesociclón

La vorticidad horizontal generada por la cortante del entorno es crítica para el mesociclón, aunque también el flujo saliente genera vorticidad horizontal debido al gradiente horizontal de empuje. La más relevante es la FFD porque una buena fracción de influjo en capas bajas tiende a pasar a través de esta región en camino a la ascendente.

Esta **vorticidad horizontal internamente generada** puede aumentar la ya presente en el ambiente, aumentando la disponible para el tilting.

En la figura, la vorticidad horizontal en niveles bajos ω es casi paralela al viento relativo ($\mathbf{v}-\mathbf{c}$) (caso 'advección paralela'). Si la precipitación cae en una zona elongada W-E (determinada por los vientos de altura), el flujo entrante del E hacia la ascendente, que pasa a lo largo del flanco sur de la masa fría, tendrá una significativa componente de velocidad paralela al frente (orientado casi zonalmente).

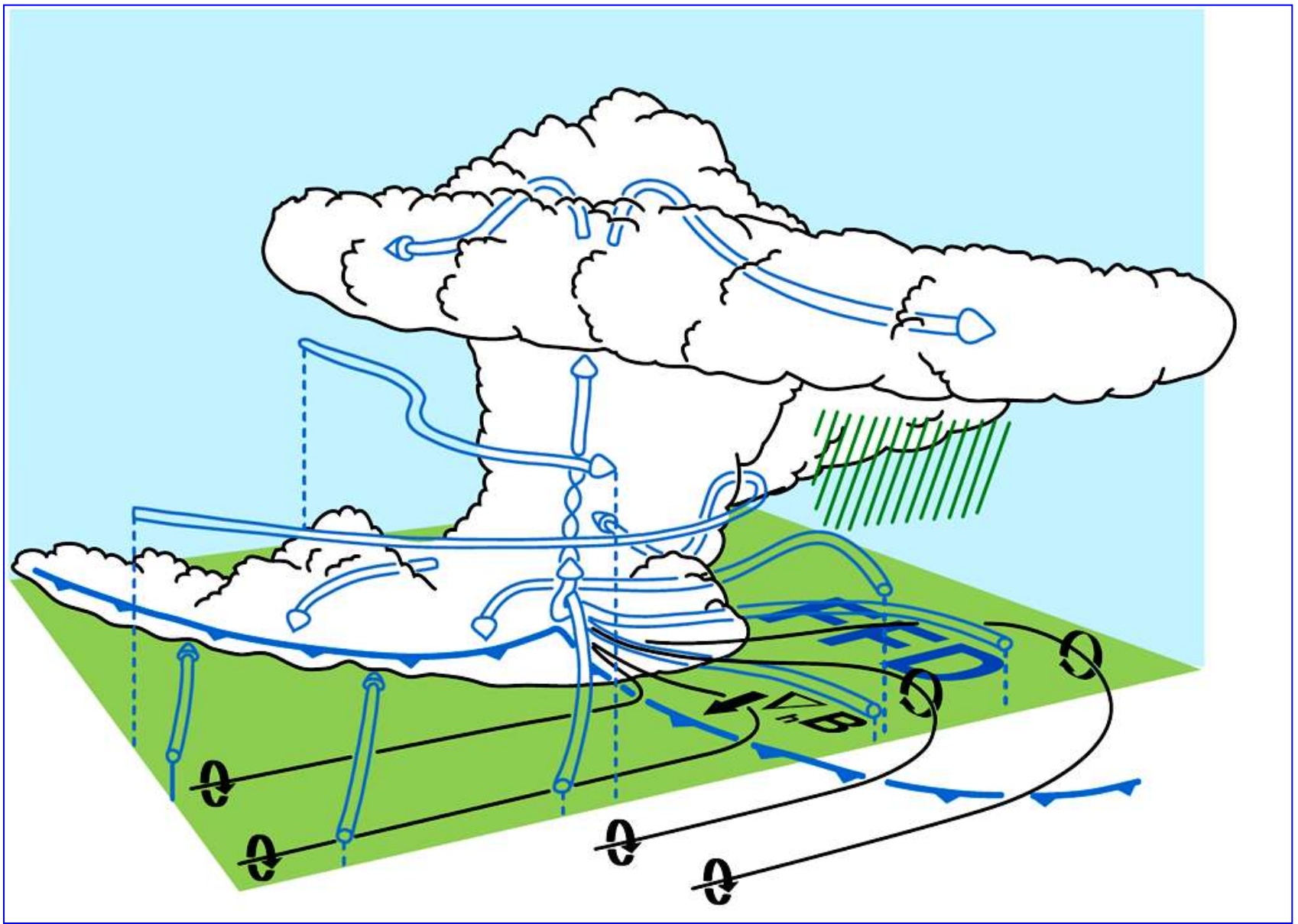


La vorticidad horizontal generada baroclinicamente tendrá una gran componente paralela a la corriente y además apuntará en la misma dirección que la vorticidad ambiental en capas bajas, sumándose a esta.

La magnitud de la vorticidad horizontal (v_h) baroclínicamente generada del lado frío del frente de ráfagas de la FFD, puede ser comparable o mayor que la del entorno.

Para un dado gradiente de w , el tilting se incrementa al incrementar ω_h . Por lo tanto, el tilting de la v_h , baroclínicamente aumentada, genera más vorticidad vertical (v_v) que la debida sólo a la del entorno. Así, la formación del mesociclón en niveles medios usualmente aguarda el desarrollo de una extensa región de precipitación y flujo saliente en el flanco delantero.

En algunas situaciones la v_h ambiental no es predominantemente paralela a la corriente, ni está necesariamente en la misma dirección que la baroclínica. La orientación de estas dos puede influenciar la intensidad y longevidad del mesociclón, observándose mayor intensidad y persistencia cuando la v_h ambiental es paralela a la corriente y la generada baroclínicamente apunta en la misma dirección que la ambiental. La distribución de la precipitación (controlada en gran parte por los vientos y la cortante en altura), afecta la generación de vorticidad baroclínica y por lo tanto las características del mesociclón.



Esquema de una supercélula en un entorno con cortante del W, vista desde el SE, en una etapa en que la rotación de niveles bajos se está intensificando. Las flechas cilíndricas representan los vientos relativos a la tormenta. Las líneas negras son líneas de vórtice, con el sentido de rotación indicado por las flechas circulares. La línea azul marca el frente de ráfagas. También se indica la orientación del gradiente horizontal de empuje.

La aparición del mesociclón no es condición suficiente para la generación de tornados, ni la probabilidad de tornadogénesis se incrementa con la intensidad o duración del mesociclón. La generación de vv en la superficie (condición necesaria para la tornadogénesis) requiere que una descendente se involucre en el proceso de tilting.

Debido a que las parcelas de aire se levantan del suelo a medida que la ascendente inclina los vórtices (tilting), la ascendente por sí sola nunca puede inducir vorticidad vertical hasta la superficie. Sin embargo, si una descendente en proximidad a la ascendente está también involucrada en el proceso de tilting, el aire puede descender hasta superficie a medida que se genera vorticidad vertical.

Los gradientes de velocidad vertical asociados a la FFD son generalmente un orden de magnitud menores que los producidos entre la ascendente y la RFD. Así que la RFD tiene una importancia directa mayor en la tornadogénesis.

La importancia de la FFD radica en la mayor generación de vh por gradiente horizontal de empuje en el frente de ráfagas.

5. Propagación de las superceldas

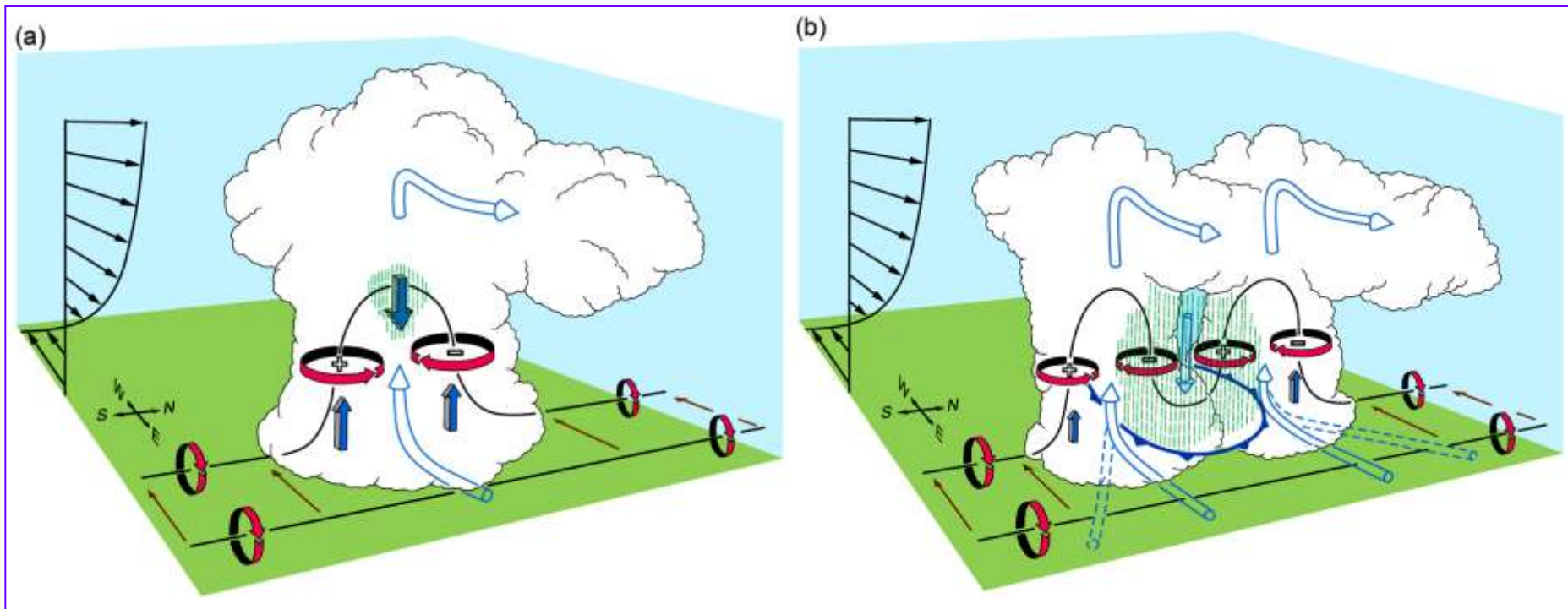
Para investigar la dinámica de propagación de una supercelda tendremos en cuenta la proporcionalidad existente entre el gradiente vertical de presión y dos fuerzas dinámicas dependientes de la vv, la cortante y la componente vertical de la velocidad:

$$-\frac{\partial p'_d}{\partial z} \propto \underbrace{\frac{1}{2} \frac{\partial \zeta'^2}{\partial z}}_{\text{Forzante dinámico no lineal}} \quad \underbrace{-2 \frac{\partial}{\partial z} (S \cdot \nabla_h w')}_{\text{Forzante dinámico lineal}}$$

La contribución a la aceleración vertical es hacia arriba (abajo) cuando los términos en el lado derecho son positivos (negativos).

Contribución del término no lineal

Promueve la división de la ascendente en los estadios tempranos de la tormenta, al menos en el caso de v_h transversal considerable.



División de las células y el posterior desarrollo de rotación a través de inclinación de tubos de vórtice en el caso de una hodógrafa recta. (a) En la primera etapa un par de vórtices se forma a través de la inclinación de la vorticidad horizontal asociada a la cortante media, originando fuerzas verticales de gradiente de perturbación de presión (flechas sombreadas azules) en los flancos. (b) Como se forma una descendente de lluvias, la célula se divide, las líneas de vórtice se inclinan hacia abajo, y el par de vórtices originales se transforma en dos pares de vórtices. En (a) y (b), las flechas azules transparentes indican trayectorias relativas a la tormenta. En (b), las flechas azules transparentes discontinuas indican trayectorias relativas a la tormenta después de la división de la tormenta.

Como vimos, la inclinación de los tubos de vórtice induce una cupla de vórtices a los lados de la ascendente en niveles medios. Por el término no lineal, como $|\zeta'|$ es máxima (sin importar el signo de ζ') a los lados de la ascendente en niveles medios, p' es mínima en estos lugares, lo que induce una fuerza de gradiente de presión hacia arriba en la capa inferior a los lados de la ascendente. Esto promueve la división de la ascendente.

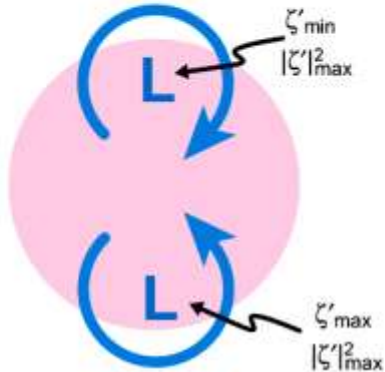
La división también es reforzada por la descendente asociada a la formación de precipitación a lo largo de la ascendente original, aunque esta no es una condición necesaria para la división.

La división promueve la formación de dos tormentas que se mueven a derecha e izquierda, con respecto a la dirección de la cortante en niveles altos (más que al viento medio).

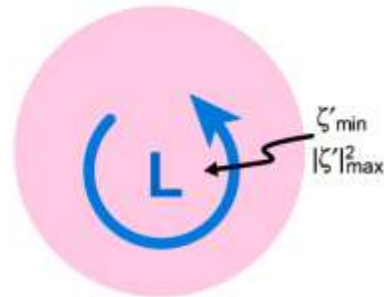
La propagación lateral de la ascendente recién formada, induce un caso de 'advección paralela', con la consecuente 'ingesta' de vorticidad por parte de cada ascendente.

Nonlinear Contribution to Dynamic Pressure Perturbations

crosswise vorticity
(w' and ζ' uncorrelated)

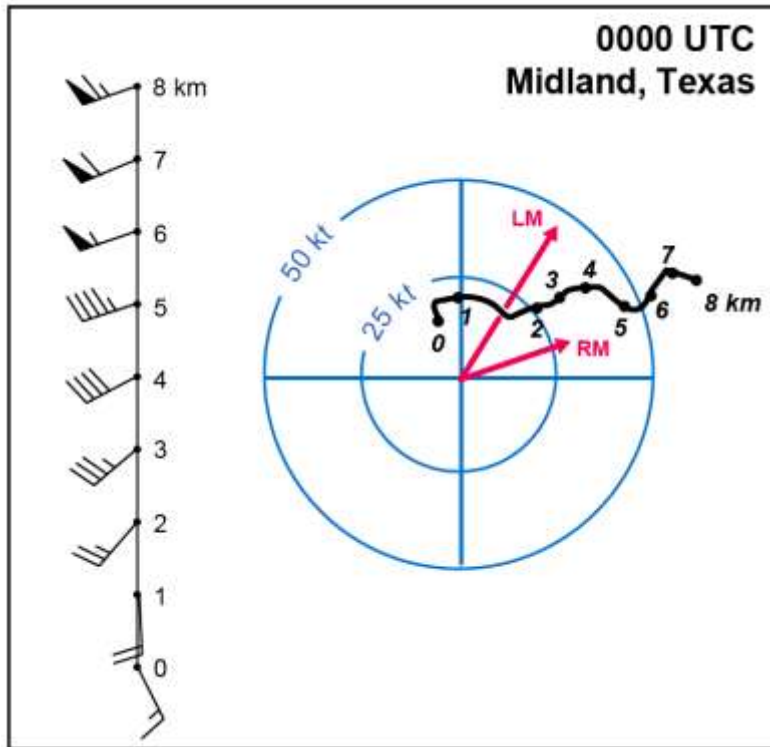
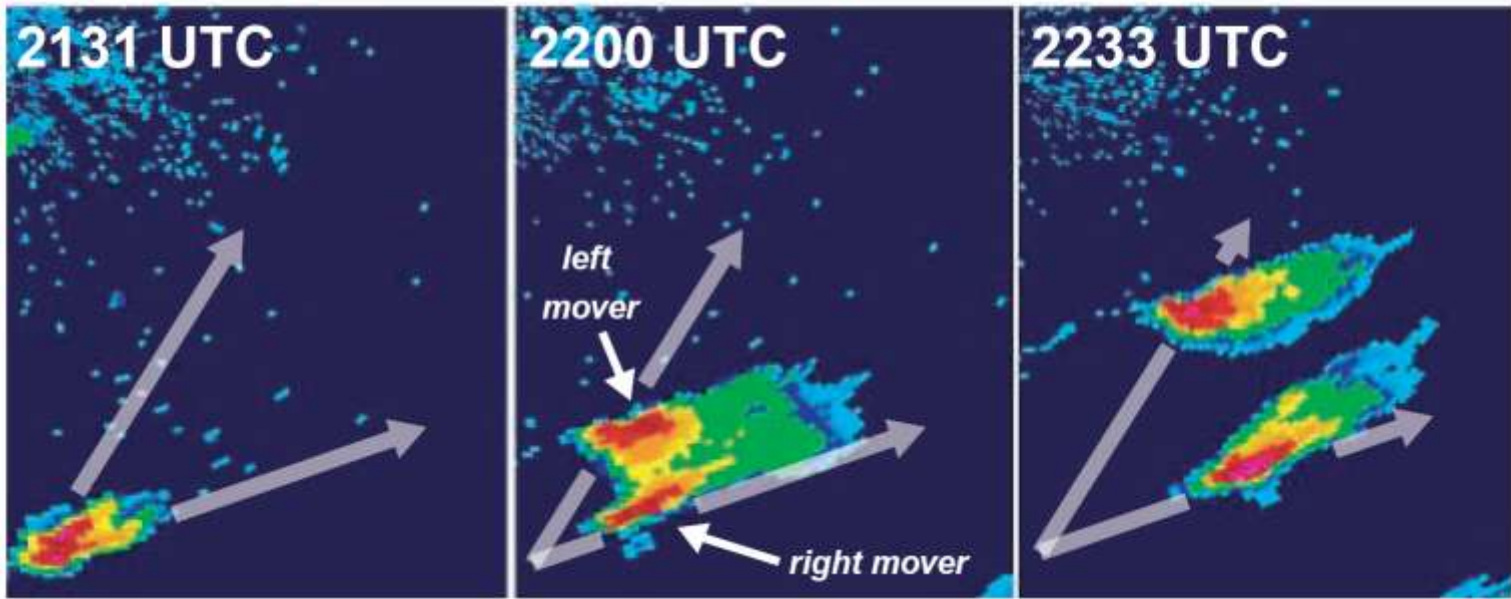


streamwise vorticity
(w' and ζ' highly correlated)



La vv es constantemente producida a los lados de las ascendentes, lo cual induce una continua propagación lateral de las mismas siempre que los máximos de ζ' y w' no estén en el mismo lugar (no estén en fase). Aunque la propagación lateral induce un caso de 'advección paralela', promoviendo la colocación en fase de ζ' y w' , esto generalmente no llega a suceder si la hodógrafa es recta.

Si la hodógrafa presenta curvatura, la ascendente inicial se mueve con el viento medio y el caso de 'advección paralela' se tiene desde el comienzo. En este caso la división de la tormenta puede ser suprimida desde el comienzo, ya que el máximo de ζ'^2 es colocado cerca del eje de la ascendente en lugar de a su lado.

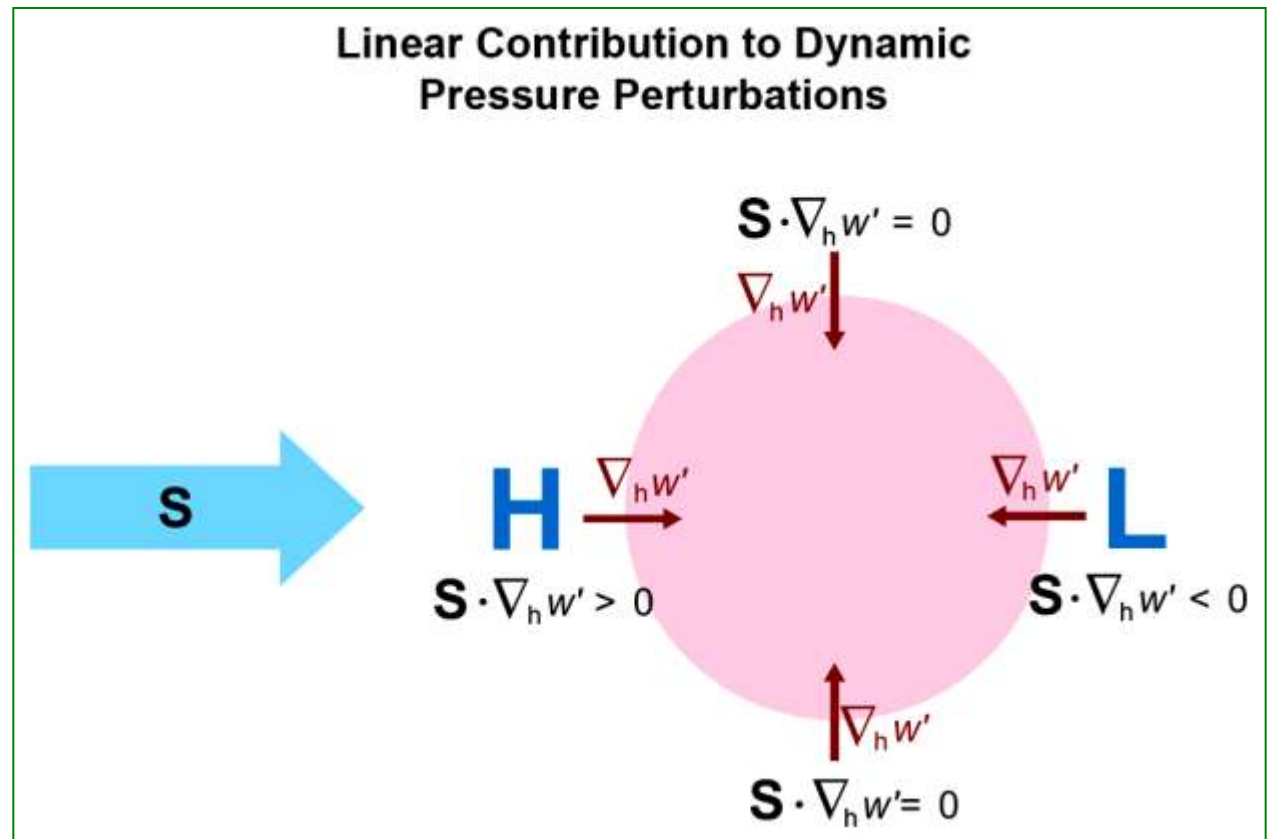


Secuencia de imágenes de reflectividad de radar que muestran el desarrollo de una división de supercélula en supercélulas con movimiento a derecha e izquierda. El perfil vertical del viento y la hodógrafa también se muestran. Los números a lo largo de la hodógrafa indican altitudes sobre el suelo en km, y los movimientos de las tormentas también se indican en la hodógrafa. La hodógrafa es bastante recta en general. Por lo tanto, no es sorprendente que las supercélulas derecha e izquierda desarrolladas desde el proceso de división fueran comparables en intensidad.



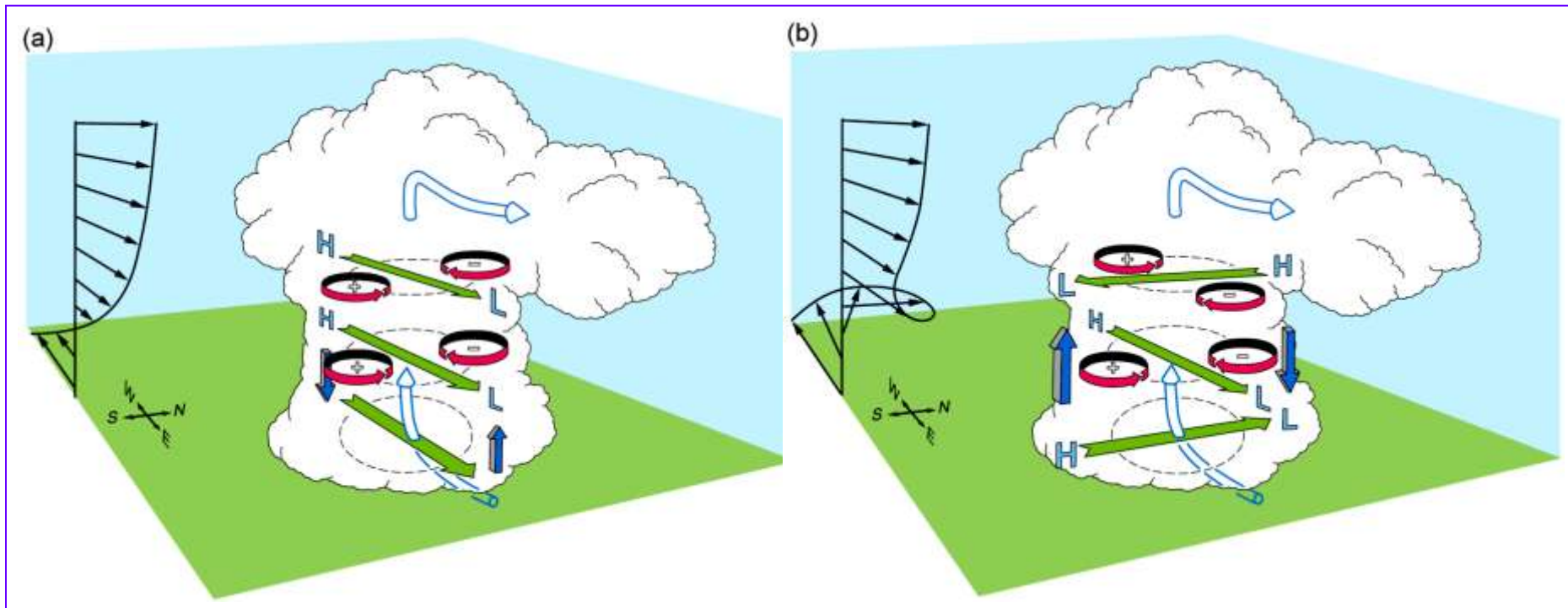
Contribución del término lineal

El término lineal induce altas presiones cortante arriba y bajas presiones cortante abajo de la ascendente.



Cuando la cortante es unidireccional, las perturbaciones de alta y baja presión están verticalmente apiladas. Se forman gradientes verticales de presión, pero que no pueden forzar una propagación lateral.

Cuando la cortante gira con la altura en sentido horario (y también el viento), las cuplas de alta y baja presión se apilan, de modo que se forman fuerzas de gradiente vertical de presión, hacia arriba sobre el flanco derecho y hacia abajo sobre el izquierdo de la ascendente.



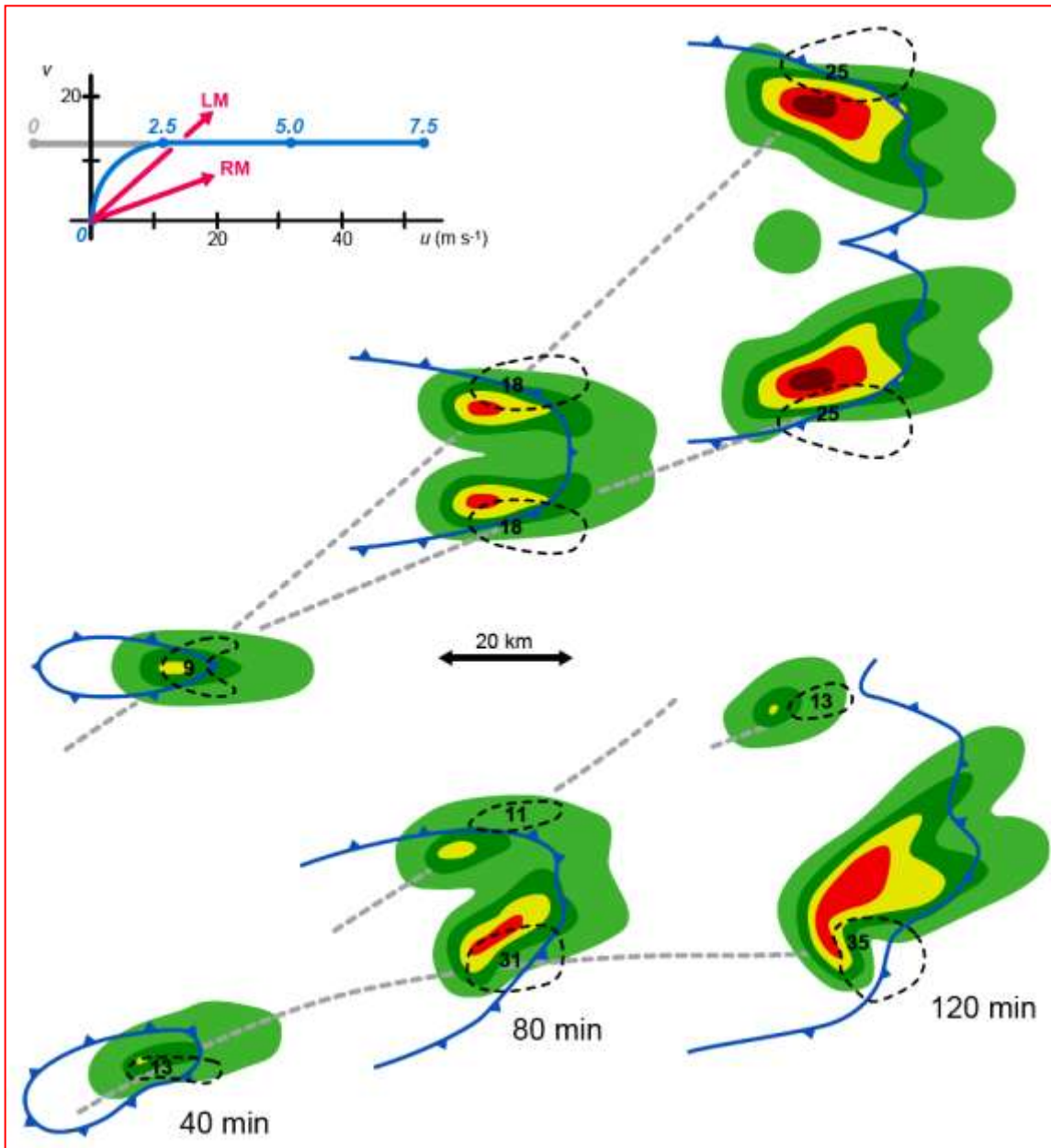
Perturbaciones de presión que surgen cuando una ascendente interactúa con una cortante de viento ambiental que (a) no cambia con la altura y (b) gira en sentido horario con la altura. Los gradientes horizontales de presión alta (H) y a baja (L) en paralelo a los vectores de cortante (flechas planas verdes) están etiquetados. Las flechas sombreadas azul oscuro indican la fuerza del gradiente vertical de presión, lo que favorece el flanco derecho en el caso de hodógrafa curva.

Así el término lineal contribuye inhibiendo el movimiento de la tormenta izquierda y promoviendo el de la derecha.

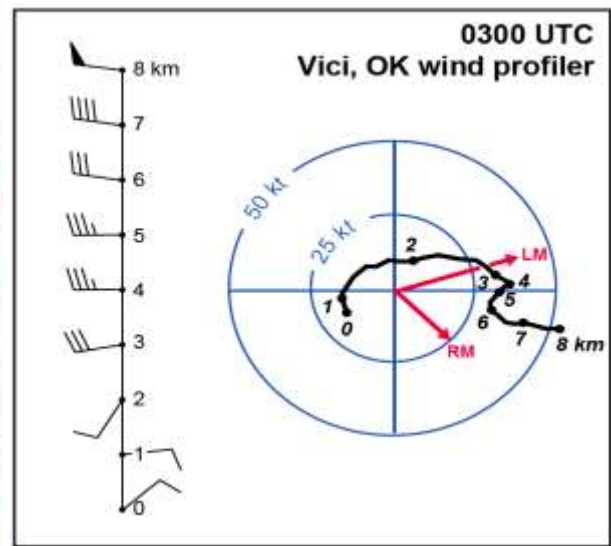
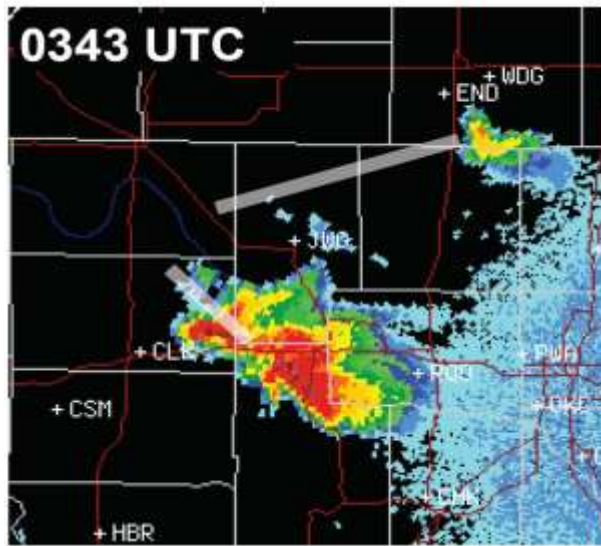
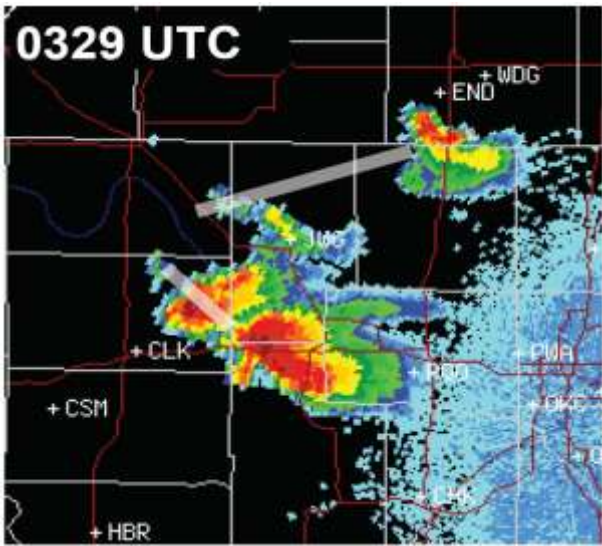
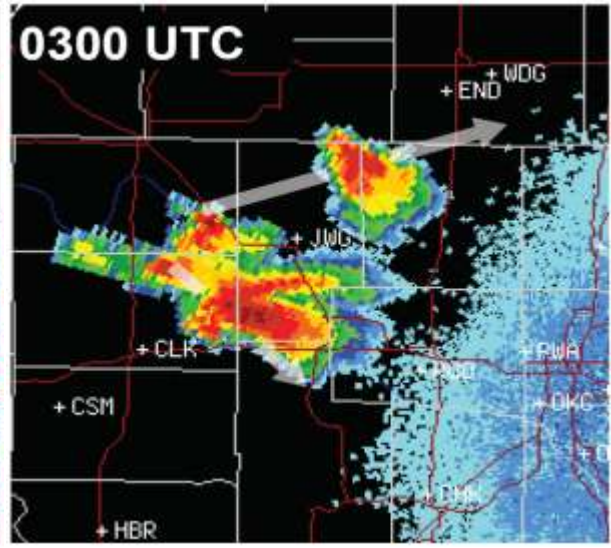
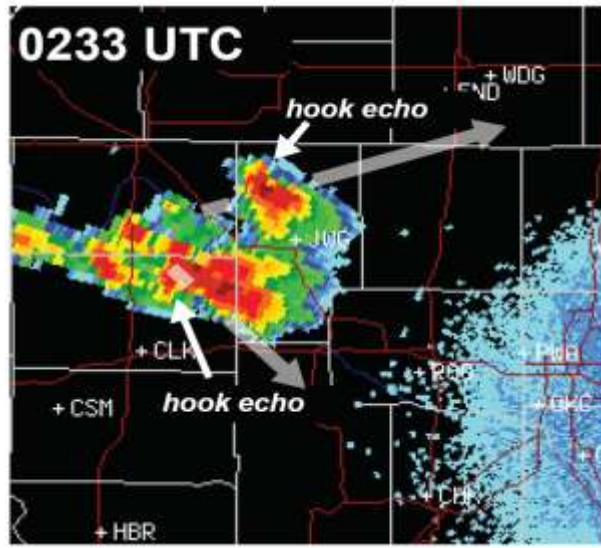
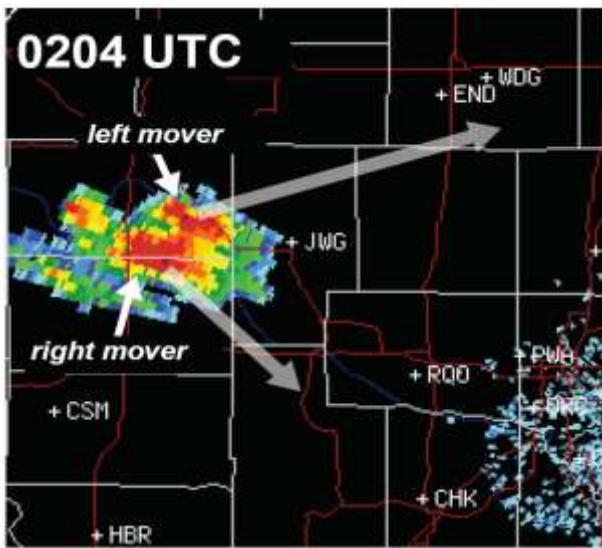
Cuando el viento (y por lo tanto la cortante) gira en sentido antihorario, sucede todo lo opuesto.

Notar que el gradiente vertical de presión es mayor en el caso de hodógrafa curva que en el de recta, ya que en el primero tanto las variaciones de *magnitud* como de *dirección* de \mathbf{S} contribuyen al gradiente de p' , mientras que en segundo sólo hay variación en la *magnitud* de \mathbf{S} .

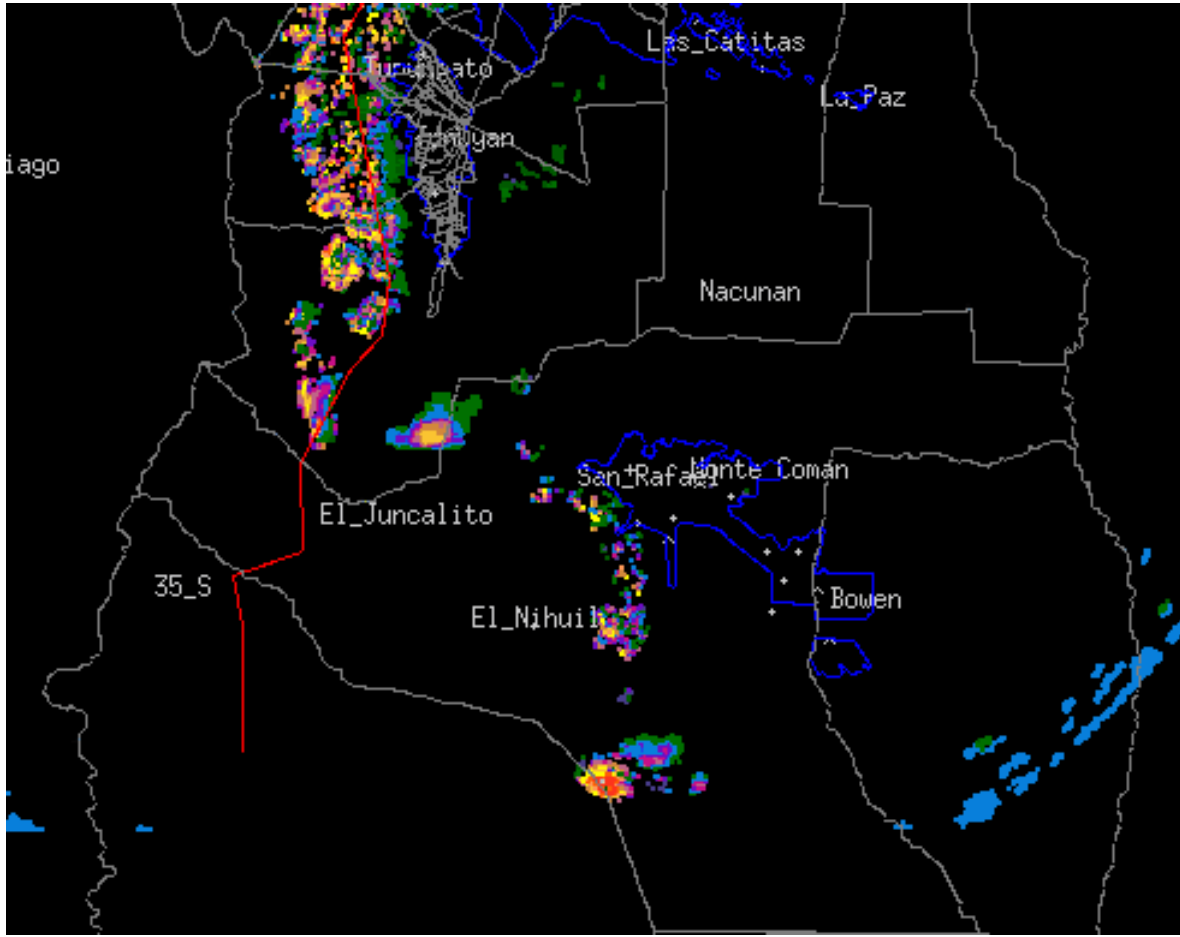
Recordar que hay una gran correlación entre w' y ζ' cuando tenemos un caso de 'advección paralela'. En el límite cuando w' y ζ' están en fase, el término no lineal no puede promover la división y propagación lateral de las ascendentes. Por el contrario, el forzante lineal está directamente encima del flanco derecho (en el caso de hodógrafa con giro horario), y así, el movimiento a la derecha es fuertemente promovido por la variación de la cortante con la altura.

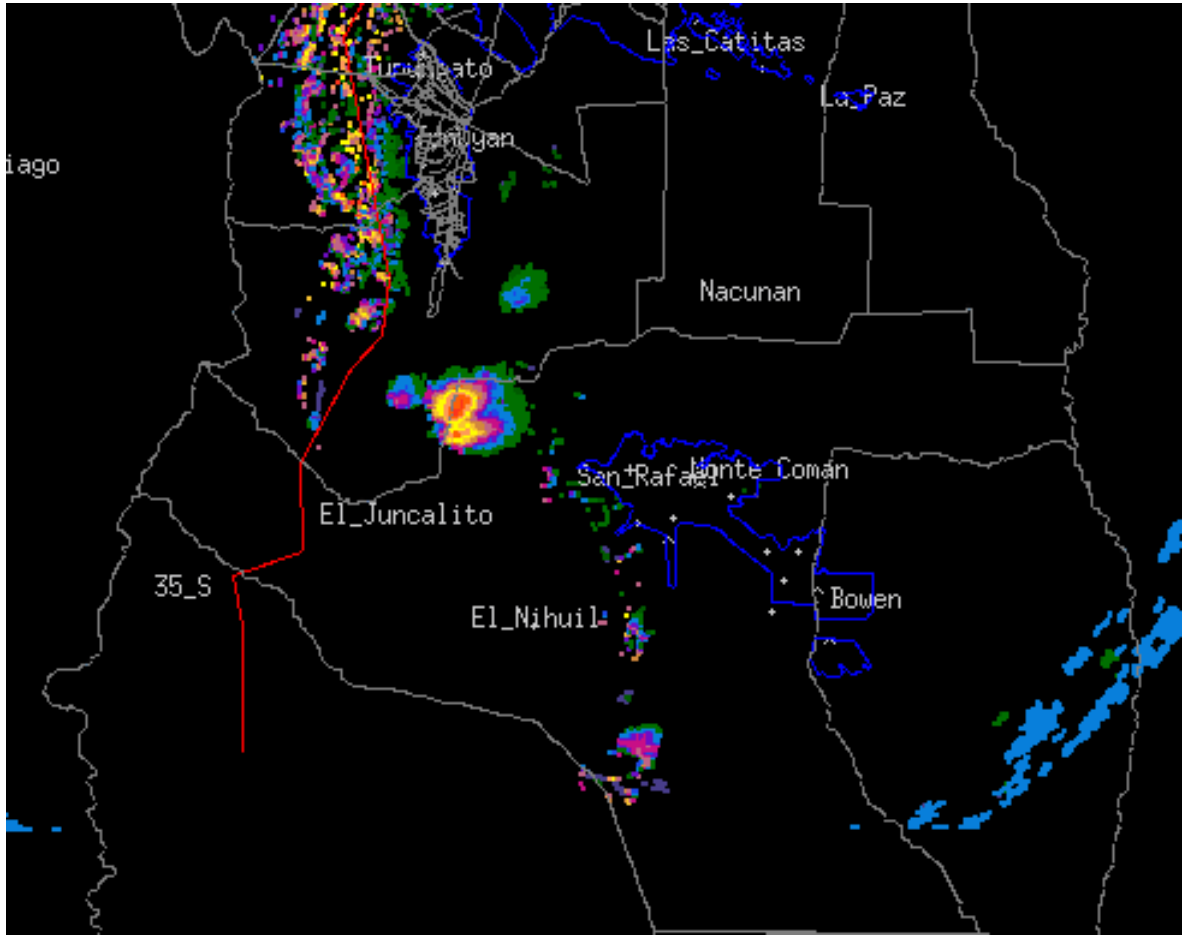


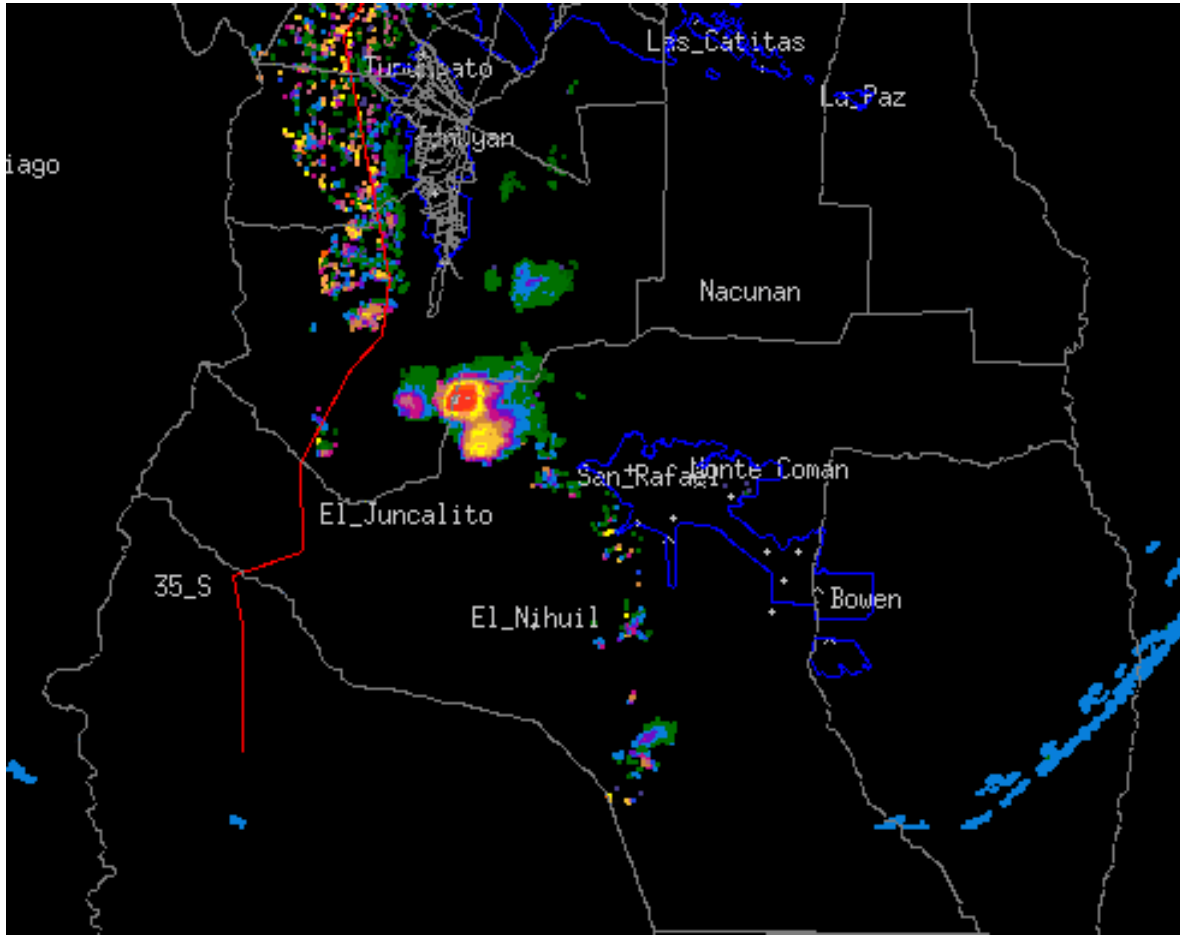
Vistas en planta de modelos de campos de lluvia en niveles bajos para dos simulaciones utilizando, respectivamente, una hodógrafa recta (gris en los 2,5 km más bajos, y azul arriba; los números a lo largo de la hodógrafa indican altura en km) y otro con hodógrafa curvada en sentido del reloj en niveles bajos (azul). La hodógrafa recta produce tormentas con simetría de imagen especular, mientras que la hodógrafa curva aumenta la que se mueve a derecha. Los movimientos tormenta izquierda y derecha se indican en las hodógrafas con flechas magenta y como 'LM' y 'RM', respectivamente. Los contornos de trazos negros encierran las regiones de la corriente ascendente en el nivel medio, y los números indican la localización y la magnitud de la velocidad vertical máxima (m s⁻¹). También se muestran los frentes de ráfagas. Las líneas de puntos grises indican la trayectoria de tormenta.

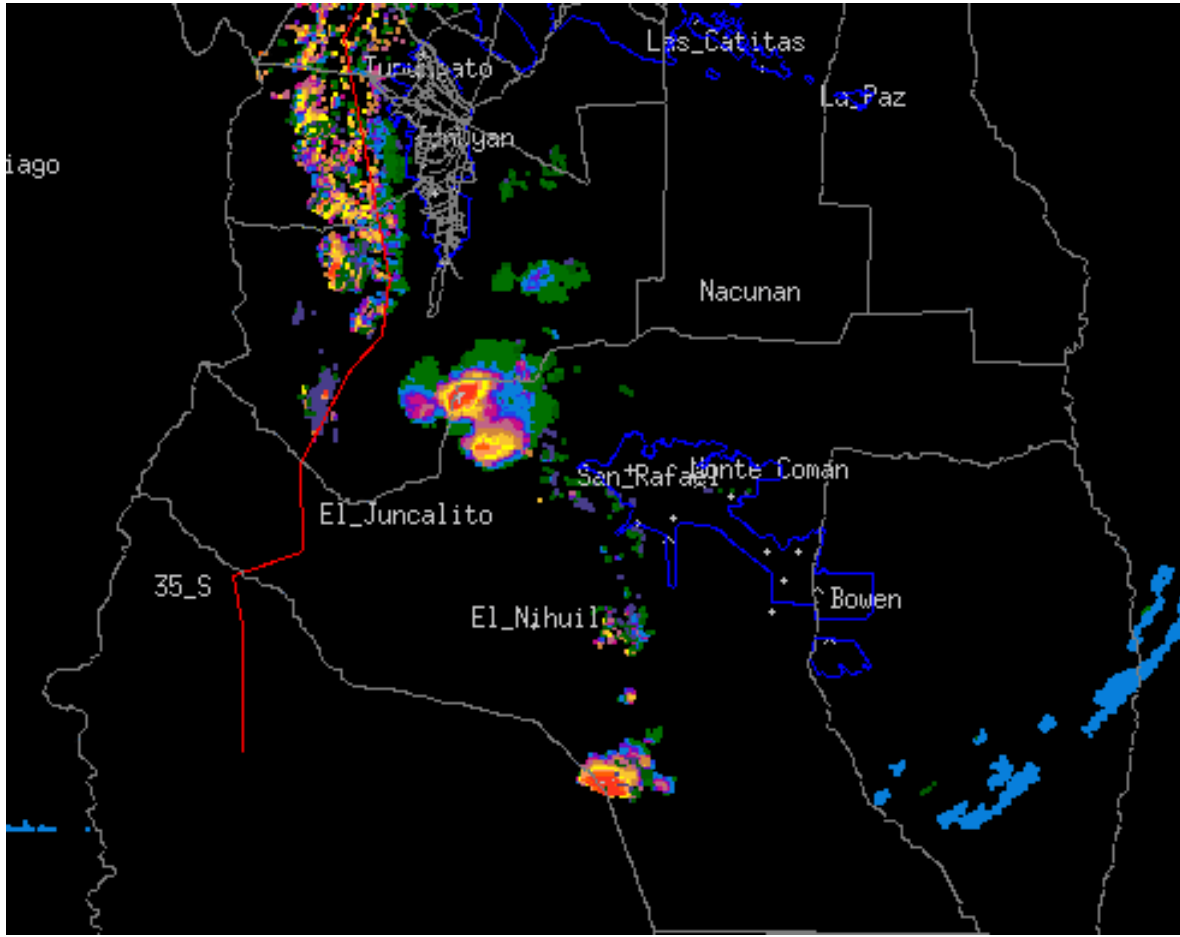


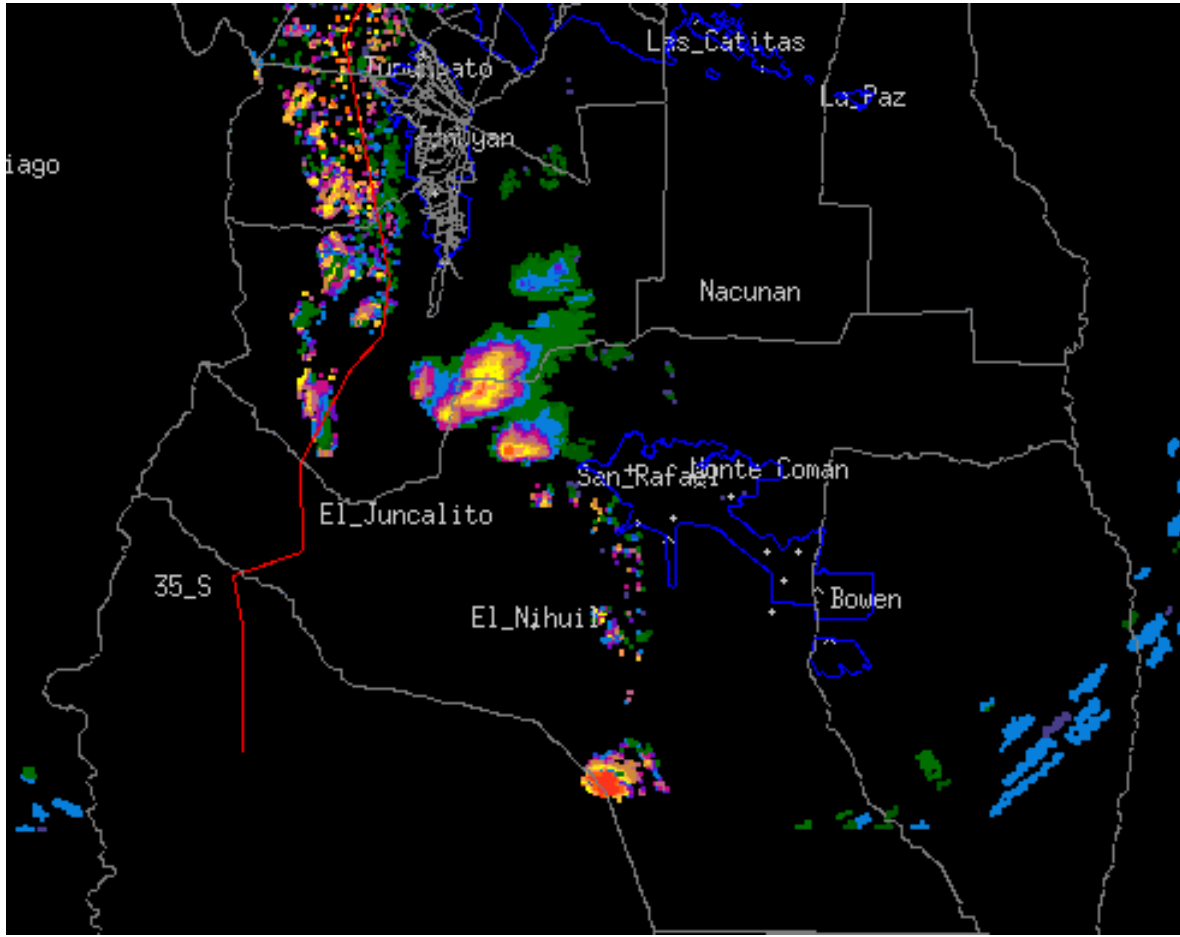
Supercélulas se mueven a izquierda y derecha después de un episodio de división en Oklahoma. Notar la intensificación (debilitamiento) de la tormenta a derecha (izquierda), tras la división de la célula original. Los flechas grises indican los movimientos de las células. El perfil de viento vertical y la hodógrafa se muestran en el panel inferior derecho. Los números a lo largo de la hodógrafa indican altitudes sobre el suelo en km, y las trayectorias de tormenta también están indicadas sobre la hodógrafa. La hodógrafa tiene una curvatura notoria, de manera que el vector cortante gira con la altura en los 4 km más bajos. Por lo tanto, no es sorprendente que la que se mueve a derecha fuera dominante en este caso.

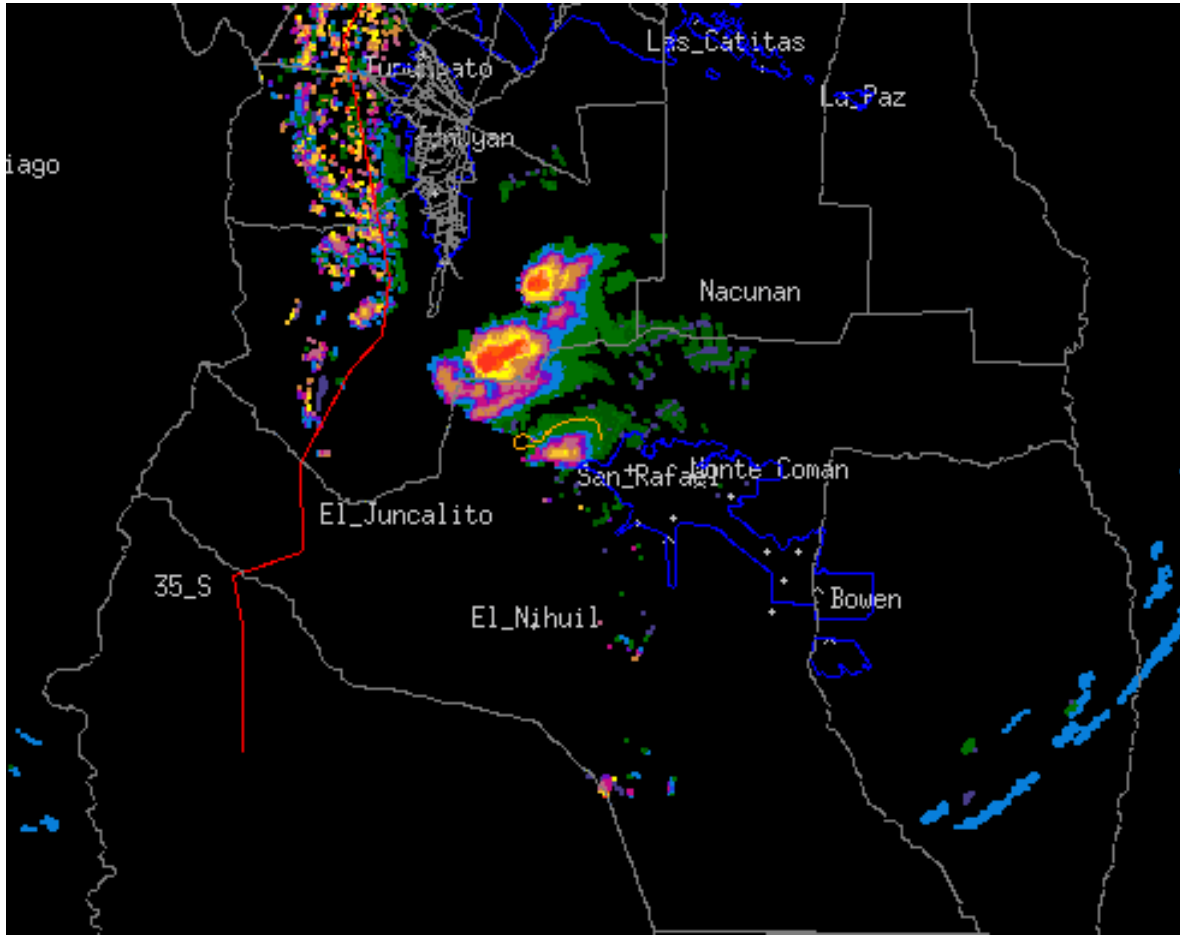


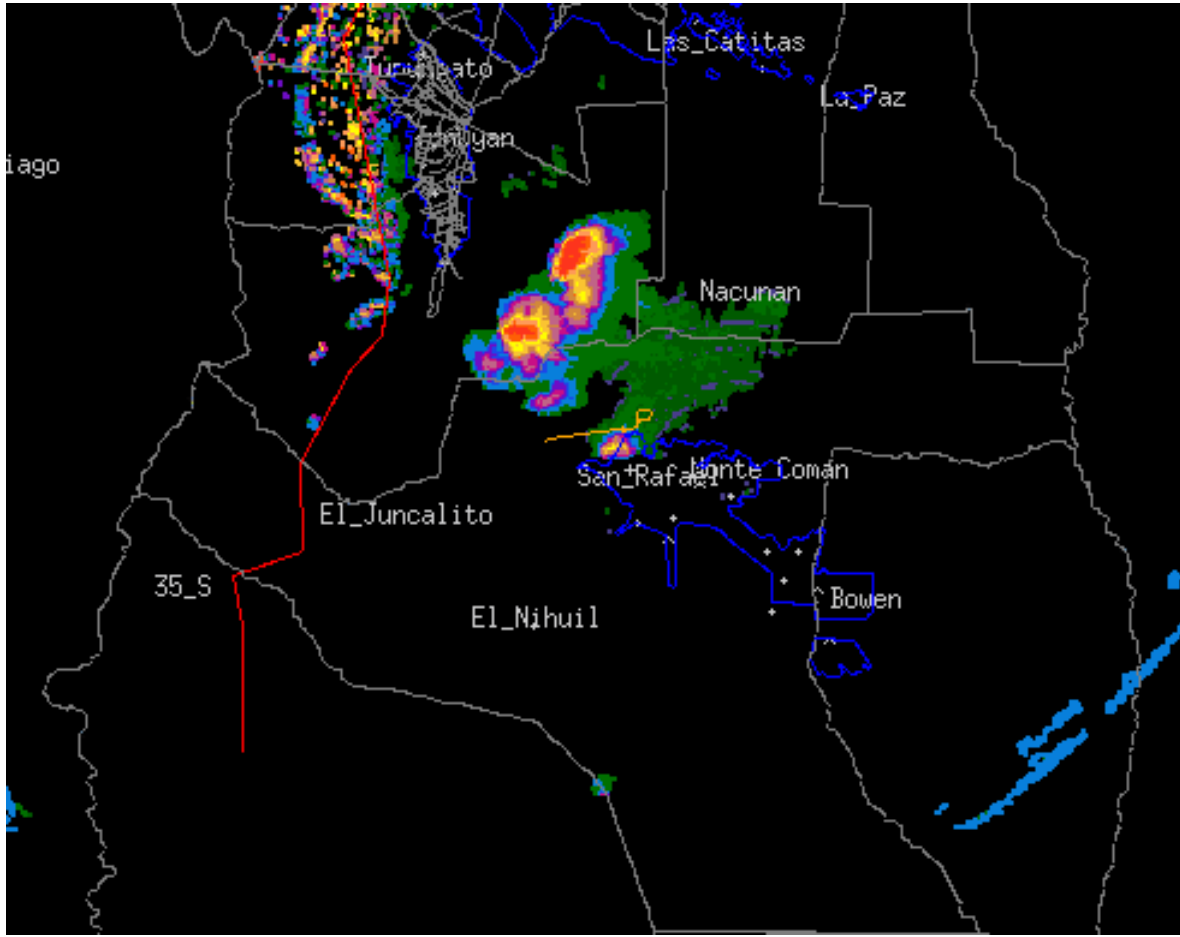


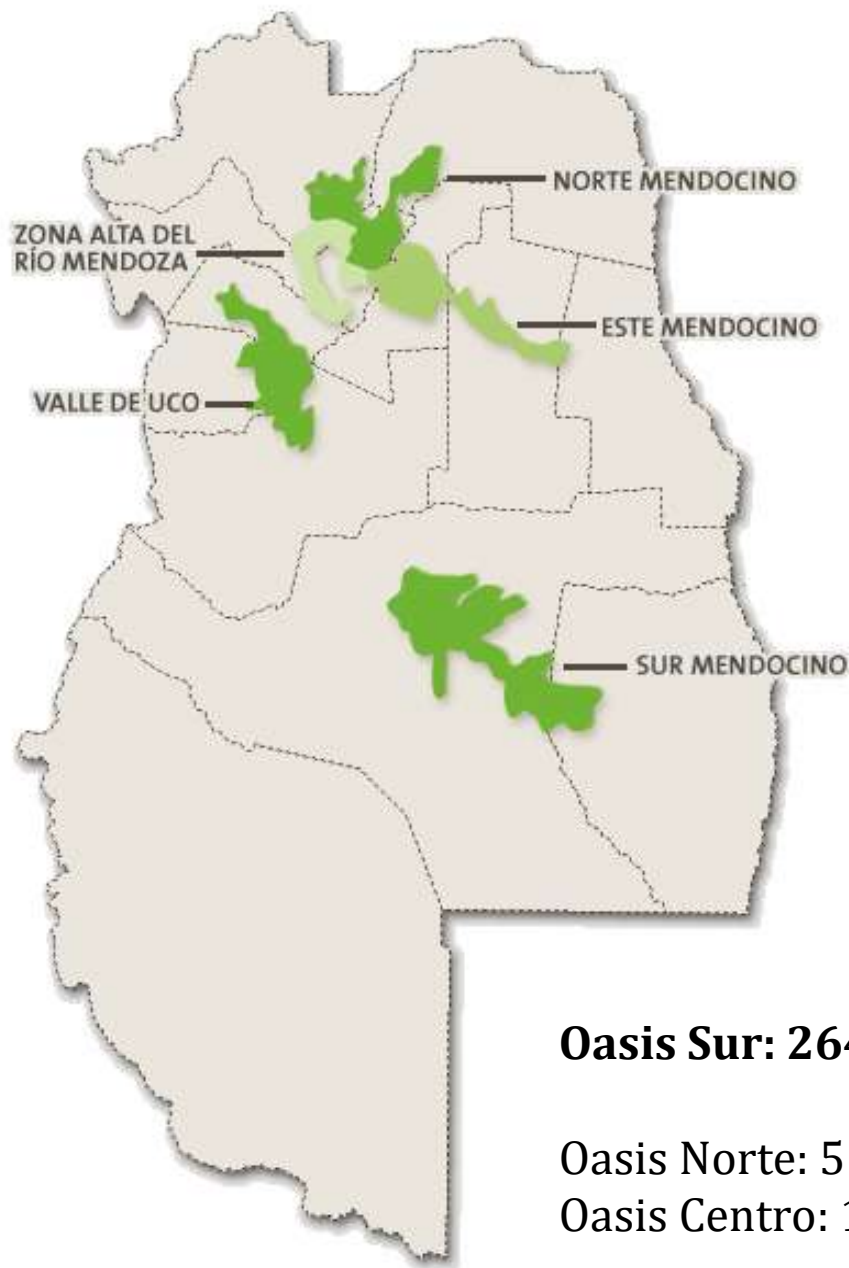












En este trabajo se realiza una síntesis estadística de las principales características observadas de la actividad convectiva en la provincia de Mendoza, derivada del análisis de los registros recopilados por la DACC durante los últimos 16 años de observación.

Oasis Sur: 2640 km²

Oasis Norte: 5160 km²

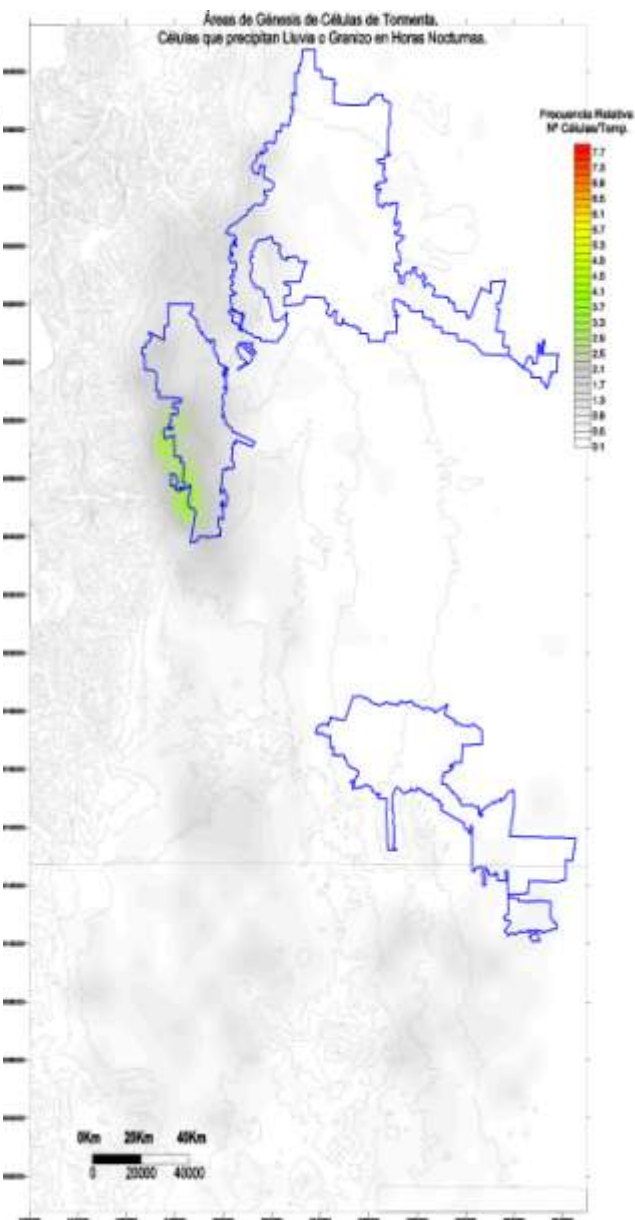
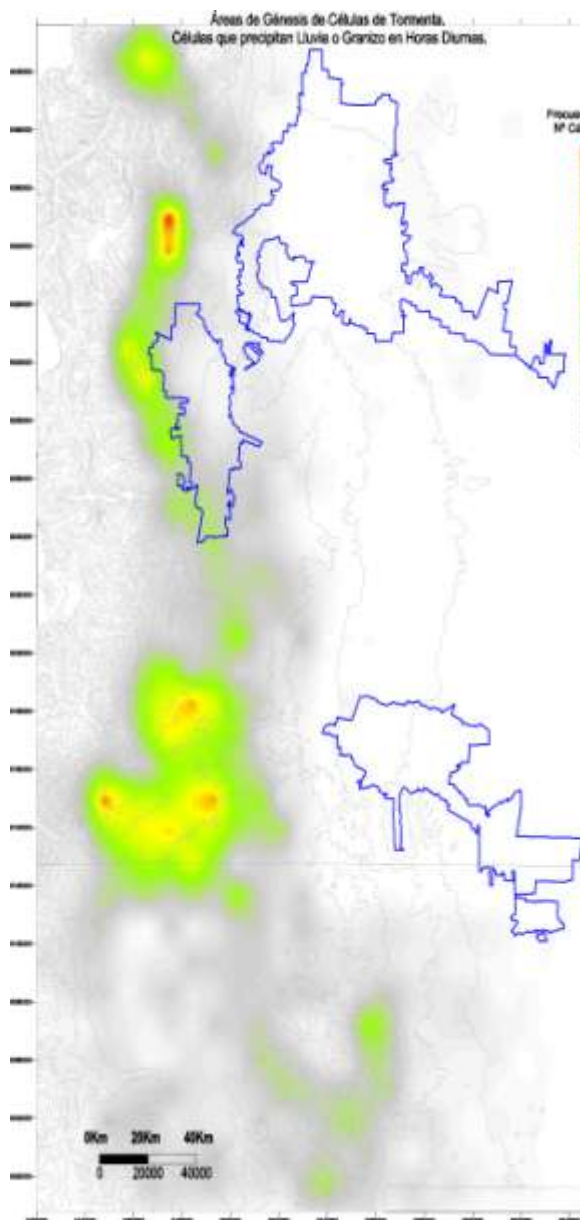
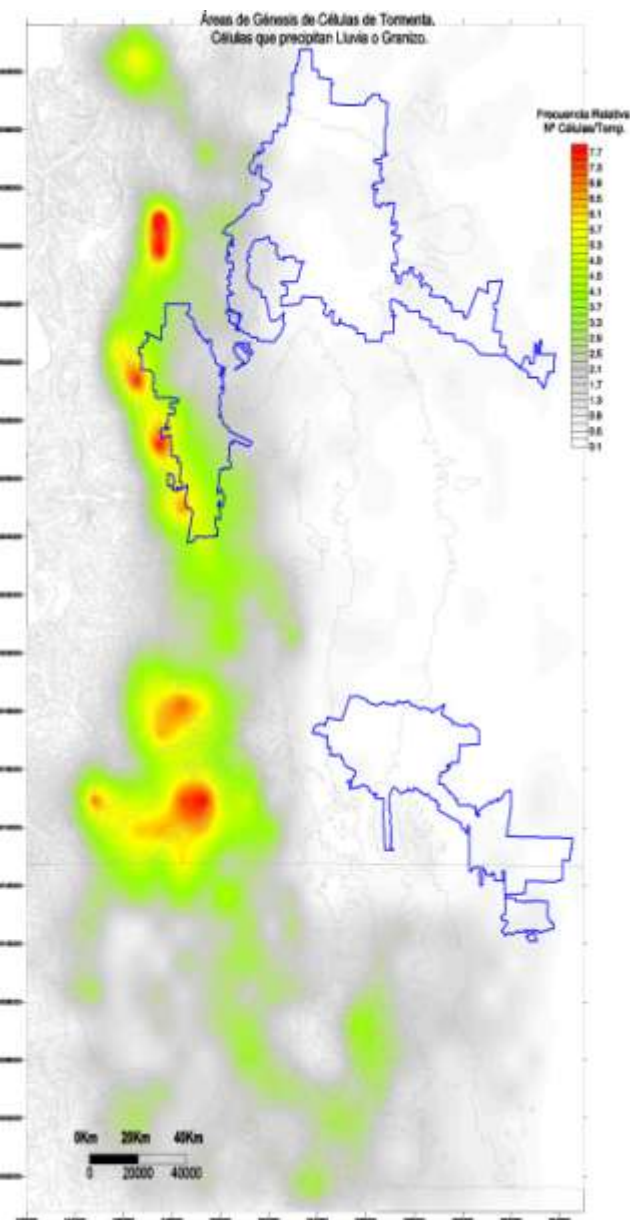
Oasis Centro: 1720 km²

Norte+Centro: 6880 km²

Áreas de génesis de tormentas que precipitan lluvia o granizo

Horas Diurnas

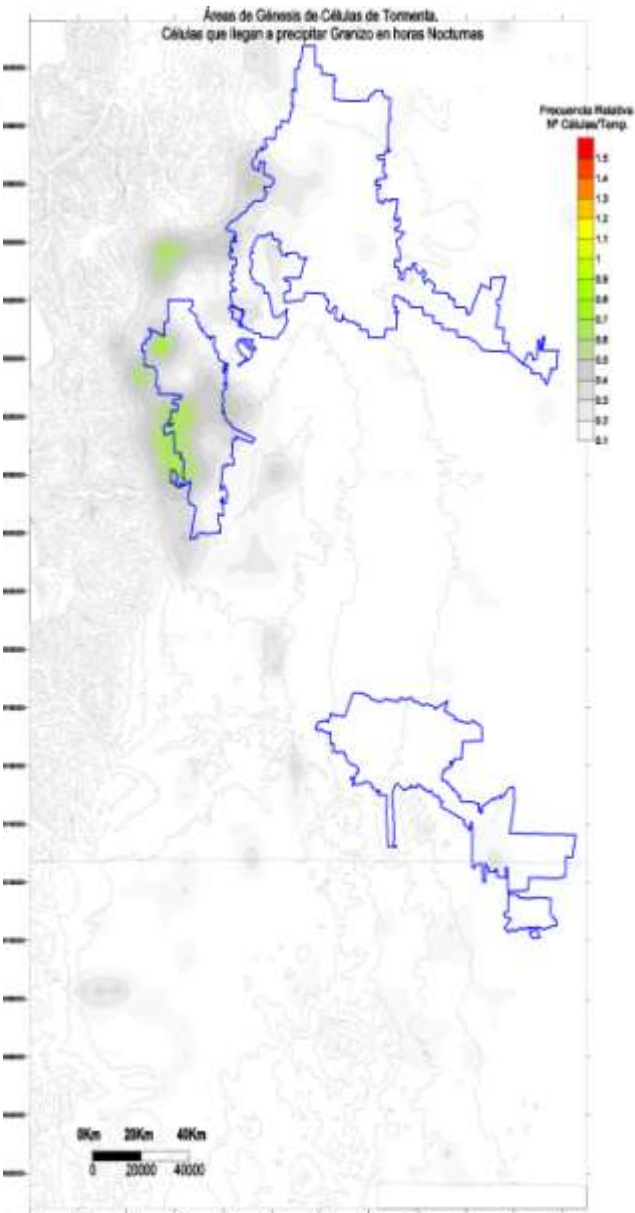
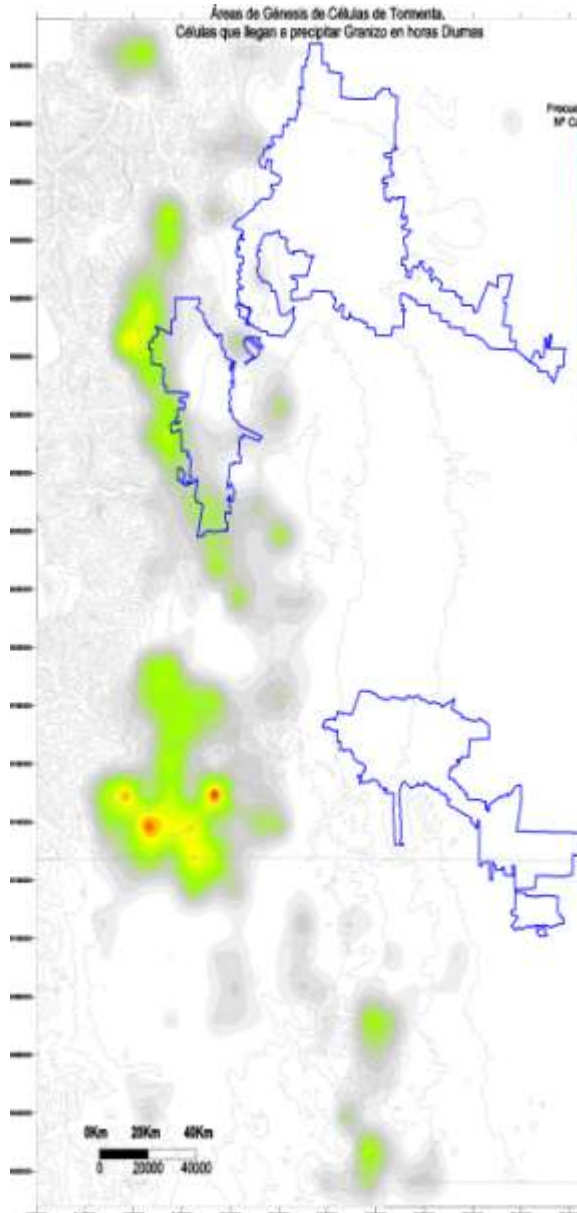
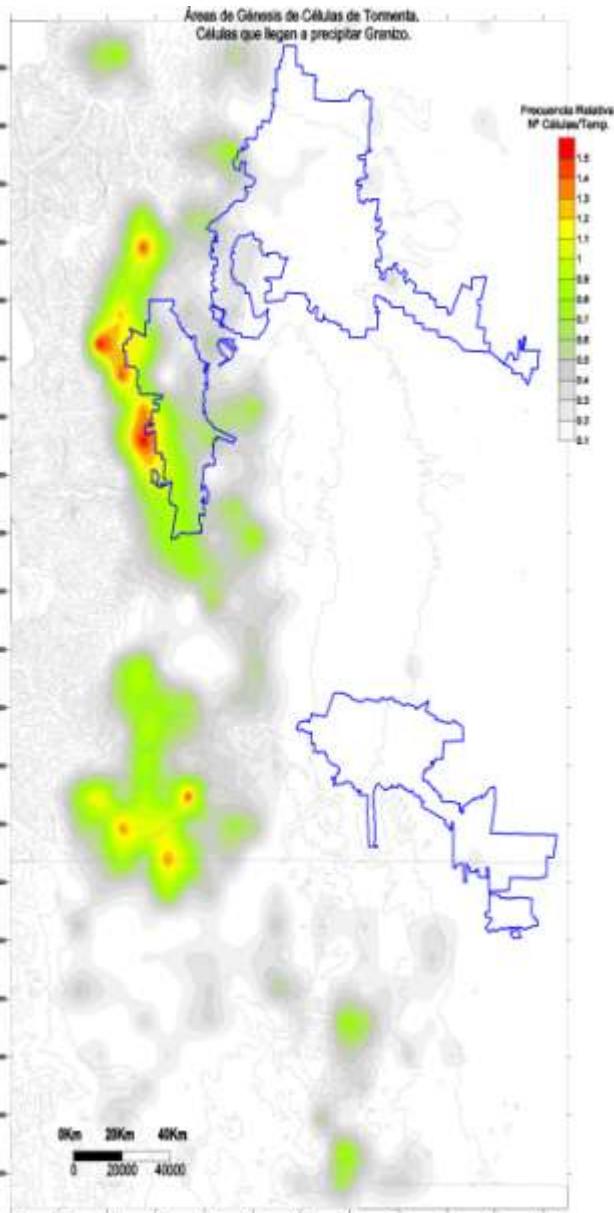
Horas Nocturnas



Áreas de génesis de tormentas que precipitan granizo

Horas Diurnas

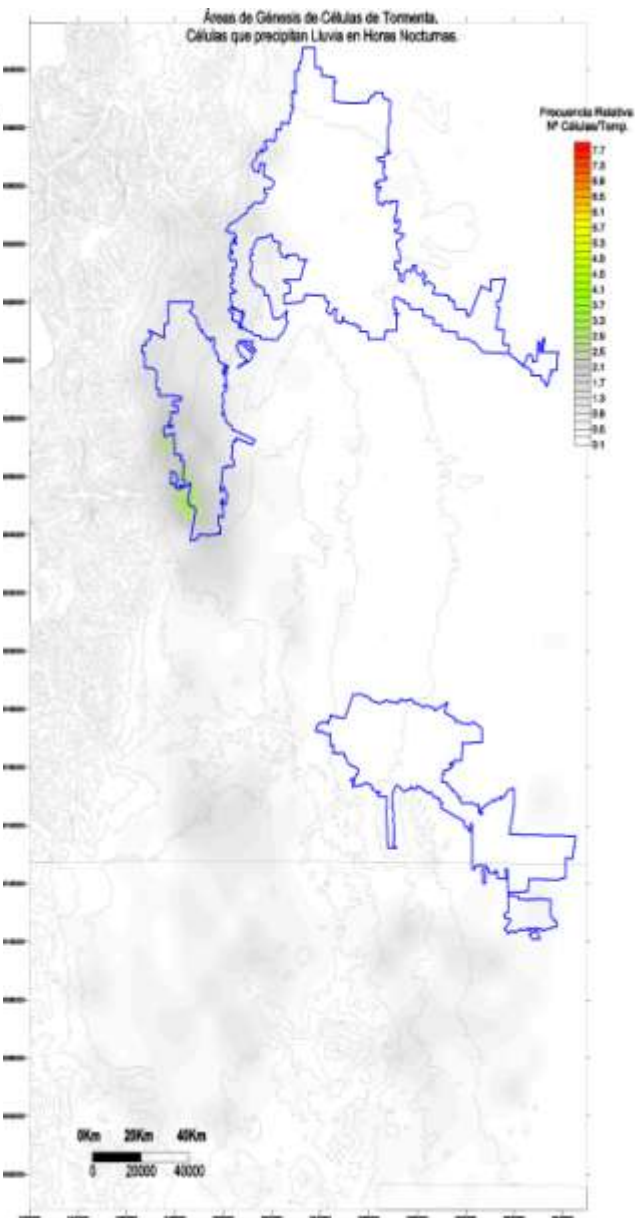
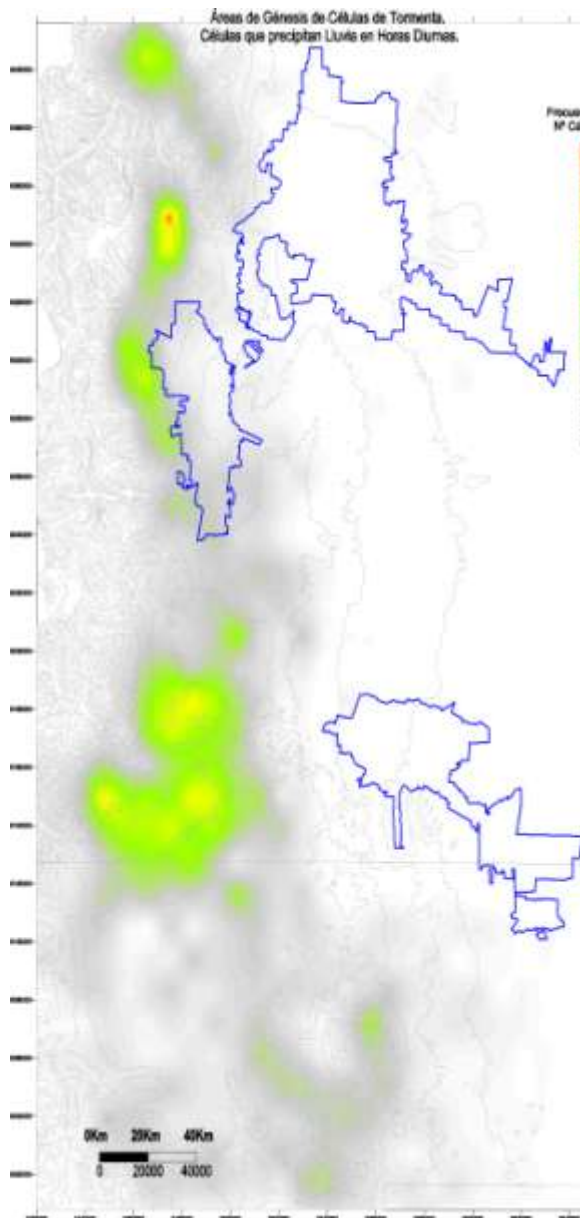
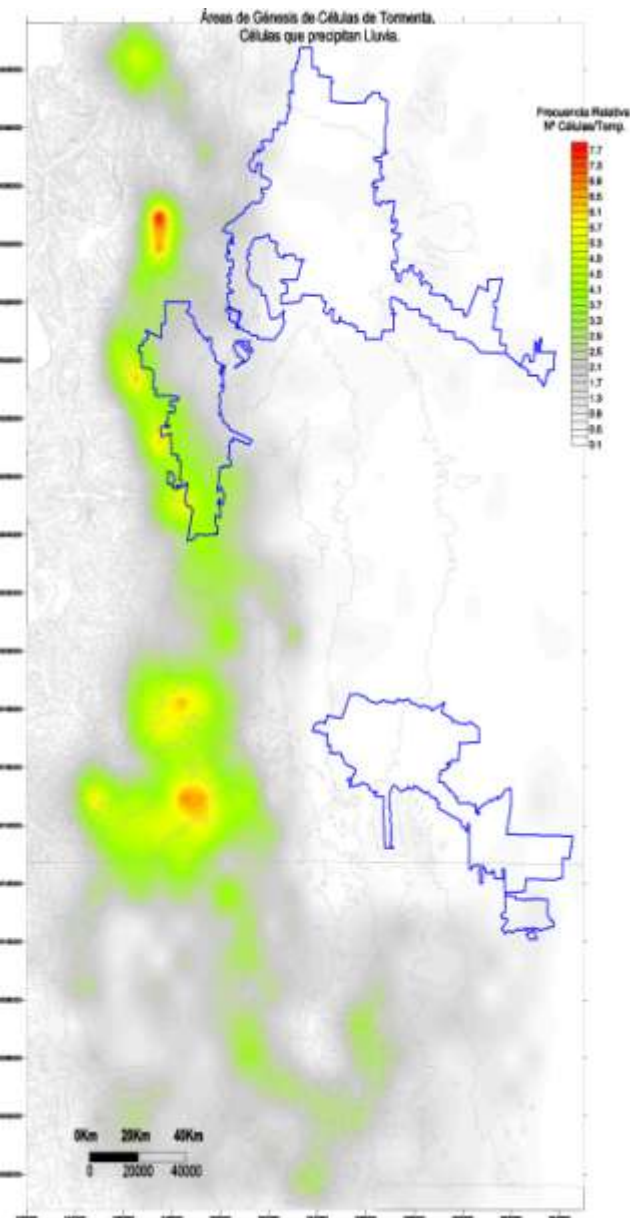
Horas Nocturnas



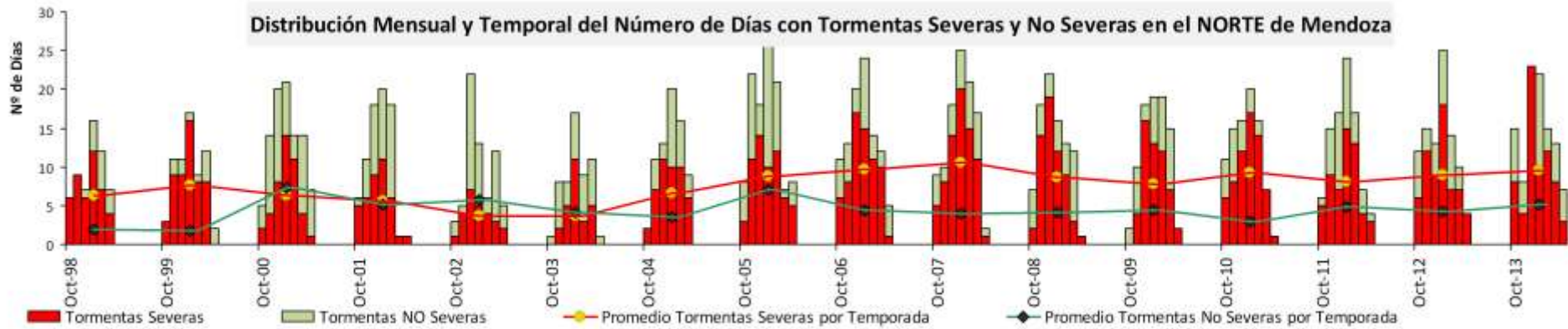
Áreas de génesis de tormentas que precipitan lluvia

Horas Diurnas

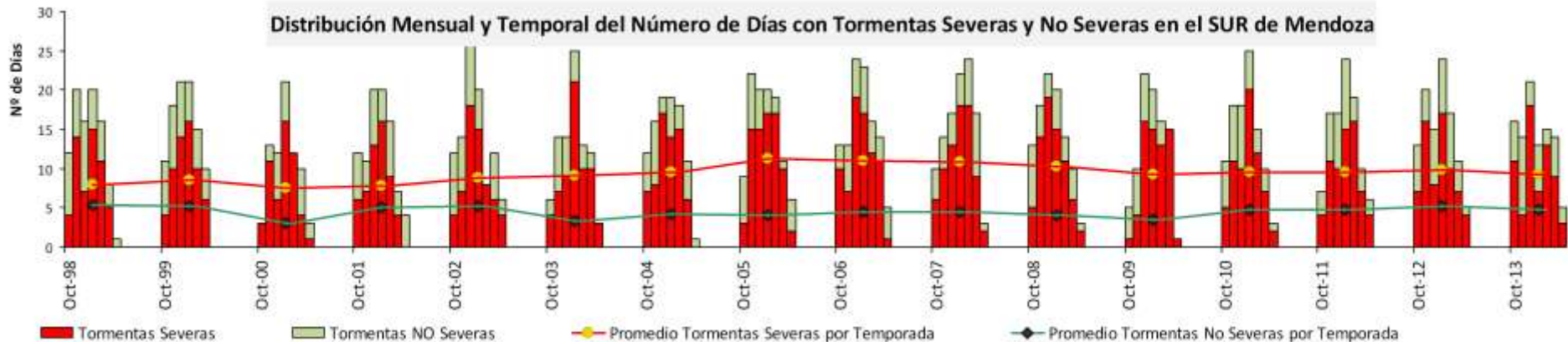
Horas Nocturnas



Distribución Mensual y Temporal del Número de Días con Tormentas Severas y No Severas en el NORTE de Mendoza



Distribución Mensual y Temporal del Número de Días con Tormentas Severas y No Severas en el SUR de Mendoza



Tormenta Severa: presenta más de 55 dbz a una altura superior a 8000 m durante al menos 10 min. Asegura la presencia de granizo en superficie de acuerdo a observaciones en campo y red de granizómetros.

Tormenta No Severa: Idem severa pero presenta entre 17 y 54 dbz.

Tendencia mensual de frecuencia de días con tormentas en Zona Norte

Zona Norte	Severas		No Severas		Observadas	
	1998/13	2004/13	1998/13	2004/13	1998/13	2004/13
Octubre	0.19	0.43	0.34	0.30	0.52	0.73
Noviembre	0.14	-0.15	0.09	-0.21	0.23	-0.36
Diciembre	0.61	0.08	-0.21	0.10	0.40	0.18
Enero	0.21	0.24	0.20	-0.24	0.41	-0.01
Febrero	0.38	-0.04	-0.02	-0.27	0.36	-0.32
Marzo	0.20	-0.08	-0.06	0.11	0.14	0.03
Abril	0.18	0.19	-0.06	-0.02	0.12	0.17
Temporada	1.91	0.67	0.27	-0.23	2.18	0.44

[Azul] = Valores significativos al 10%

[Azul Negrita] = Valores significativos al 5%

Tendencia mensual de frecuencia de días con tormentas en Zona Sur

Zona Sur	Severas		No Severas		Observadas	
	1998/13	2004/13	1998/13	2004/13	1998/13	2004/13
Octubre	0.20	0.16	-0.04	0.01	0.15	0.18
Noviembre	-0.04	-0.10	0.06	0.05	0.03	-0.05
Diciembre	0.19	-0.59	-0.13	0.29	0.06	-0.30
Enero	-0.15	-0.41	0.15	0.33	0.00	-0.07
Febrero	0.21	-0.38	0.01	0.07	0.23	-0.31
Marzo	0.27	-0.07	-0.04	0.01	0.24	-0.05
Abril	0.19	0.33	-0.01	-0.14	0.18	0.19
Temporada	0.88	-1.04	0.01	0.63	0.89	-0.41

[Azul] = Valores significativos al 10%

[Azul Negrita] = Valores significativos al 5%

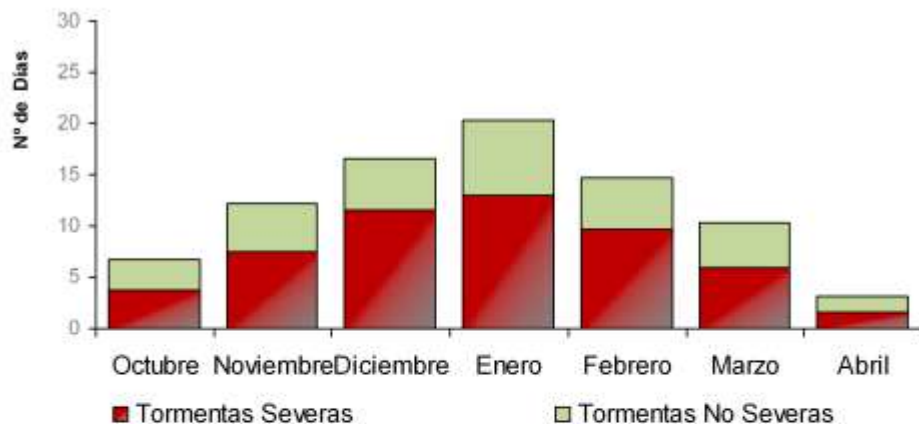
No se observan tendencias significativas en la frecuencia de días con tormentas en la Zona Norte en los últimos 10 años.

Sin embargo en la Zona Sur se observa un aumento en la frecuencia de días con No Severas (especialmente en enero) y una disminución en los días con Severas (principalmente de Nov a Mar). En los últimos 16 años se observa un aumento en el número de días con Severas debido a la escasez de casos en los primeros años de la serie.

En la última década, el mayor número de días con tormenta se presenta en Enero (22 días de los cuales el 64% y 73% corresponden a Severas en el Norte y el Sur respectivamente), seguido de Diciembre (18 a 20 días con ~76% de severas) y Febrero (17 a 18 días con 70 a 78% de severas).

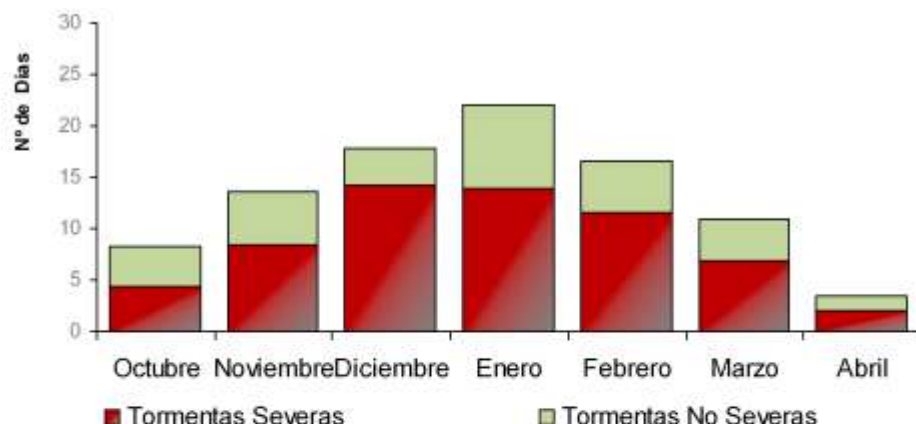
Promedio Mensual del Número de días con Tormentas Severas y No Severas en el NORTE de Mendoza.

Periodo 1998-2014



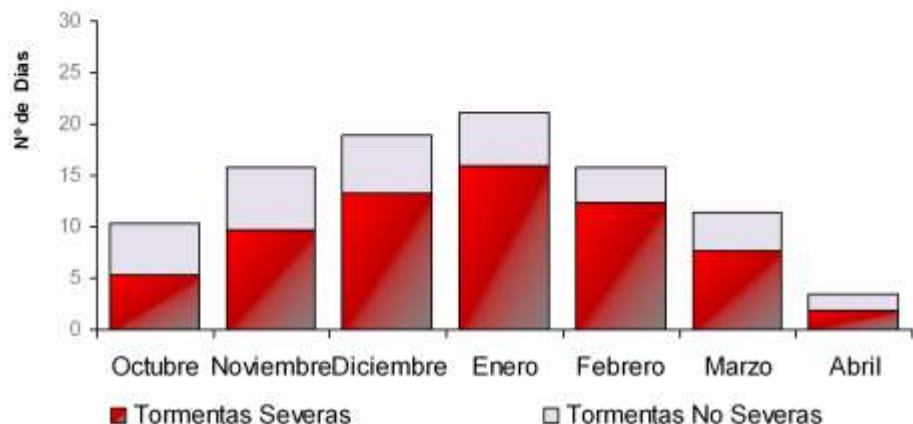
Promedio Mensual del Número de días con Tormentas Severas y No Severas en el NORTE de Mendoza.

Periodo 2004-2014



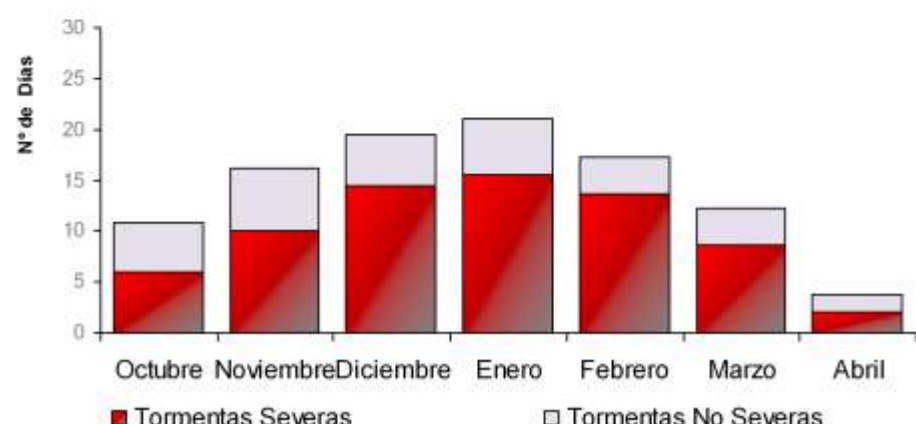
Promedio Mensual del Número de días con Tormentas Severas y No Severas en el SUR de Mendoza.

Periodo 1998-2014



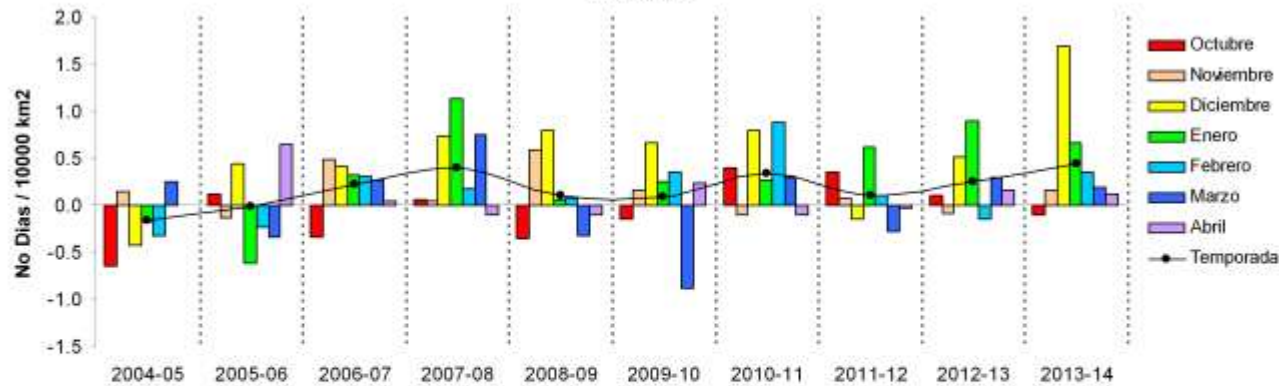
Promedio Mensual del Número de días con Tormentas Severas y No Severas en el SUR de Mendoza.

Periodo 2004-2014



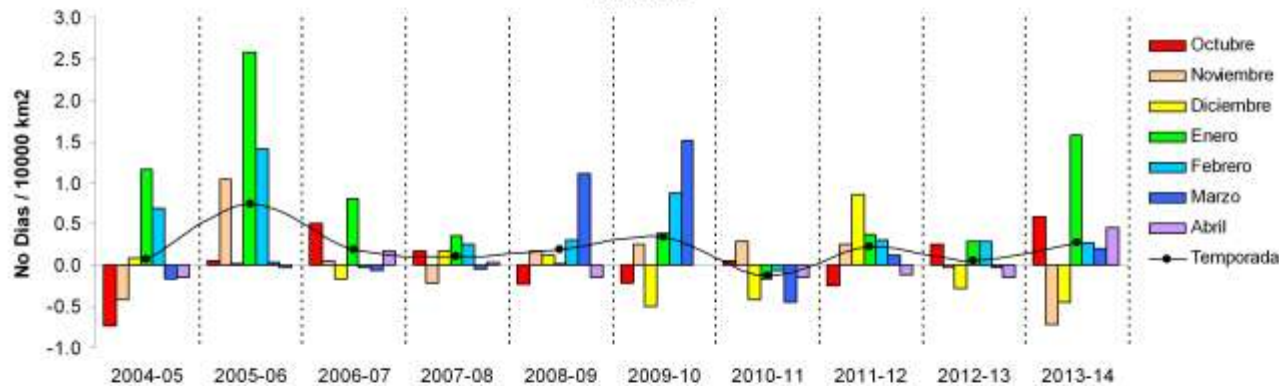
Diferencia relativa de días con Tormenta Severa

Norte-Sur



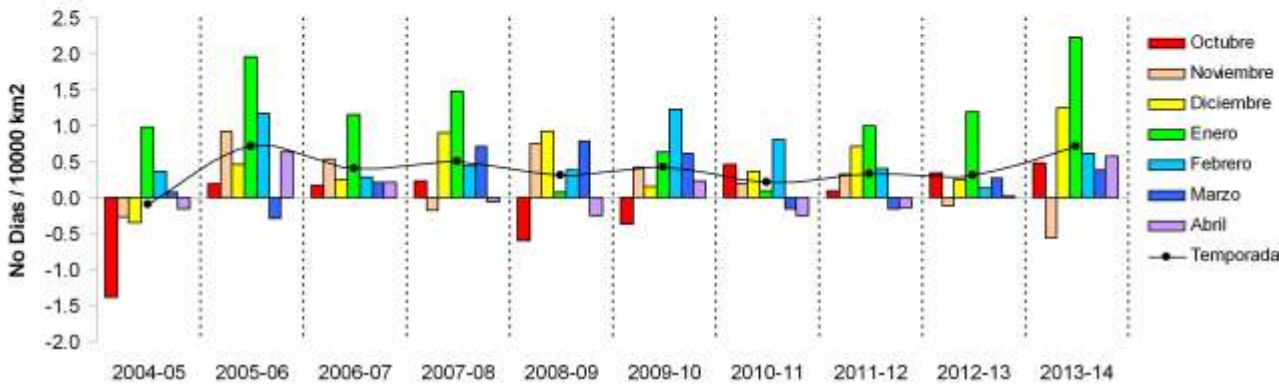
Diferencia relativa de días con Tormenta No Severa

Norte-Sur



Diferencia relativa de días con Observación de Tormentas

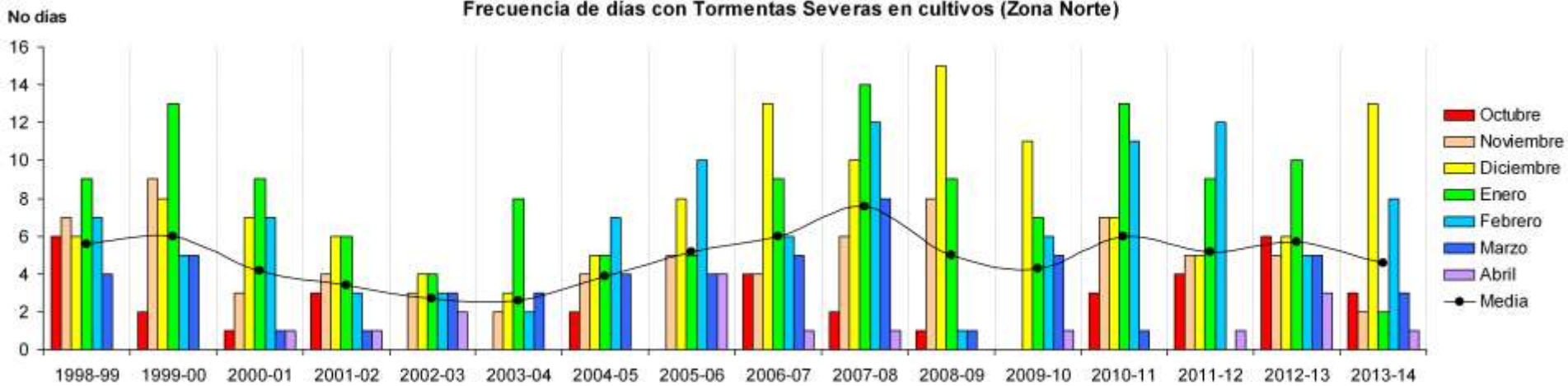
Norte-Sur



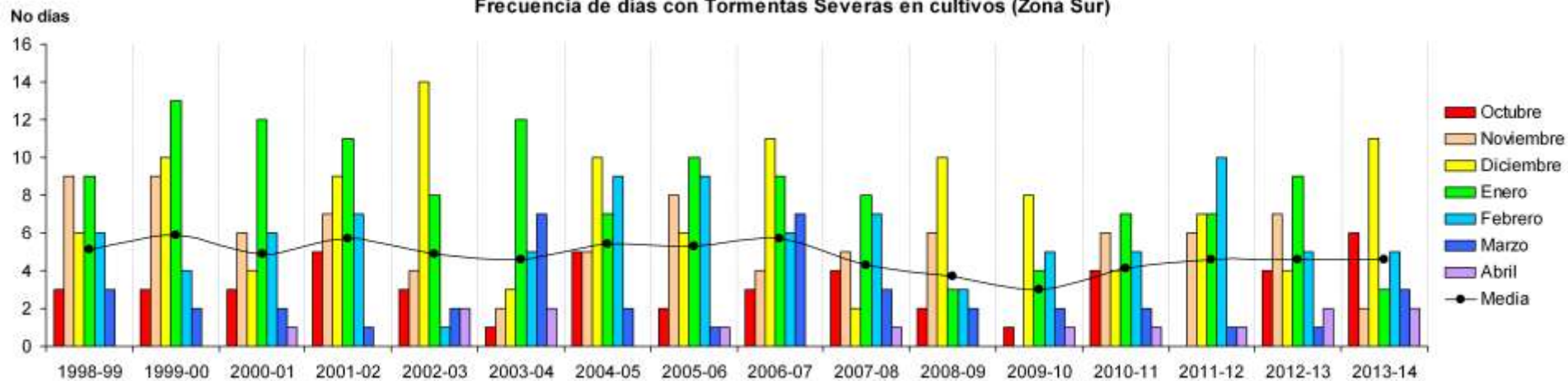
En la última década, el número de días con Severas por temporada viene incrementándose en el Norte con respecto al Sur.

El número de días con Observación de tormentas (Severas y No Severas) es mayor en el Norte que en el Sur para casi todos los meses.

Frecuencia de días con Tormentas Severas en cultivos (Zona Norte)



Frecuencia de días con Tormentas Severas en cultivos (Zona Sur)



El número de días con Severas en cultivos viene disminuyendo levemente en los últimos años en el Oasis Sur.

Los meses con mayores frecuencias son Diciembre, Enero y Febrero.

Tendencia mensual del número de días con tormentas severas por Oasis

	Oasis Norte		Oasis Sur	
	1998/13	2004/13	1998/13	2004/13
Octubre	0.0721	0.3212	0.0074	0.0424
Noviembre	-0.0941	-0.1091	-0.2235	-0.1636
Diciembre	0.2868	0.0303	-0.0603	-0.1273
Enero	-0.0353	0.0182	-0.4471	-0.3333
Febrero	0.2485	0.0364	0.0485	-0.2909
Marzo	-0.0132	-0.2667	-0.0456	-0.1455
Abril	0.0559	0.0000	0.0735	0.1879
Temporada	0.5206	0.0303	-0.6471	-0.8303

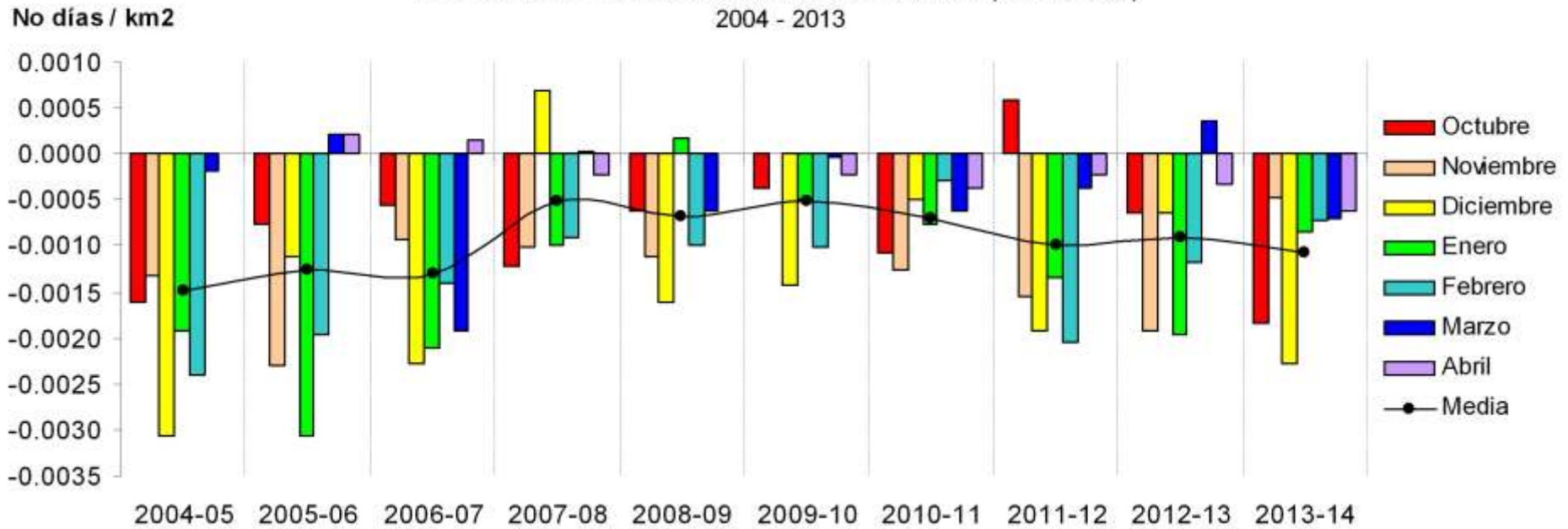
[Azul] = Valores significativos al 10%

[Azul Negrita] = Valores significativos al 5%

El número de días con Severas en cultivos vine disminuyendo levemente en los últimos años en el Oasis Sur, principalmente debido a una disminución en Enero. Sin embargo se observa un aumento significativo en Abril.

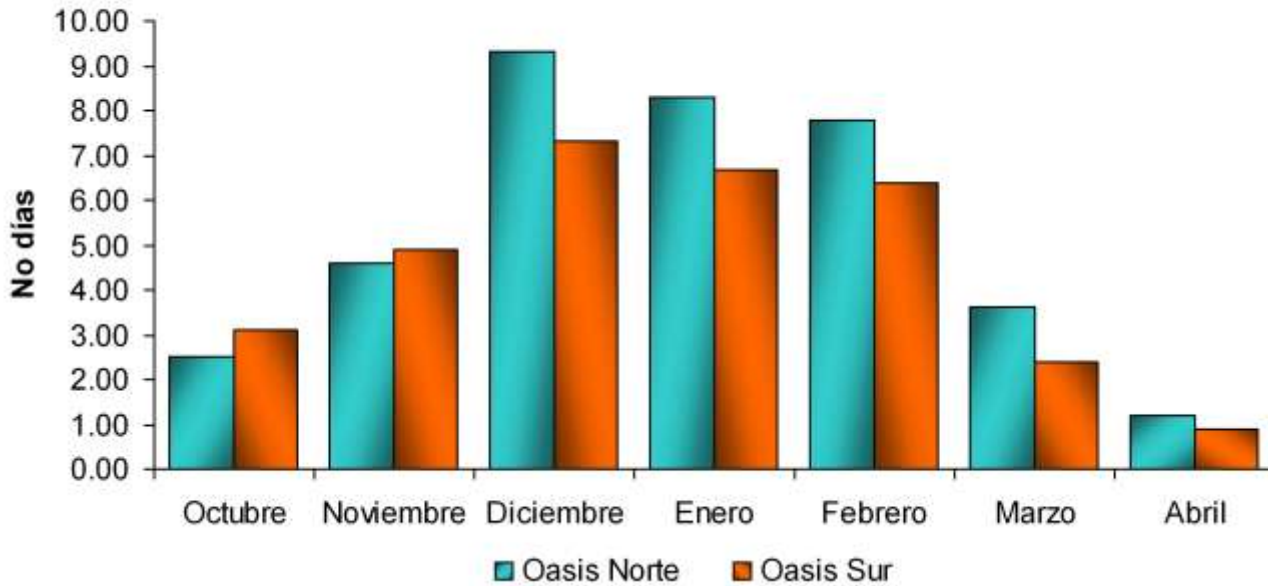
Diferencias Días con Severas en Cultivos (Norte-Sur)

2004 - 2013



El número de días con tormentas Severas en cultivos es mayor en el Oasis Sur con respecto al Oasis Norte para casi todos los meses.

Frecuencia de días con Tormentas Severas en cultivos



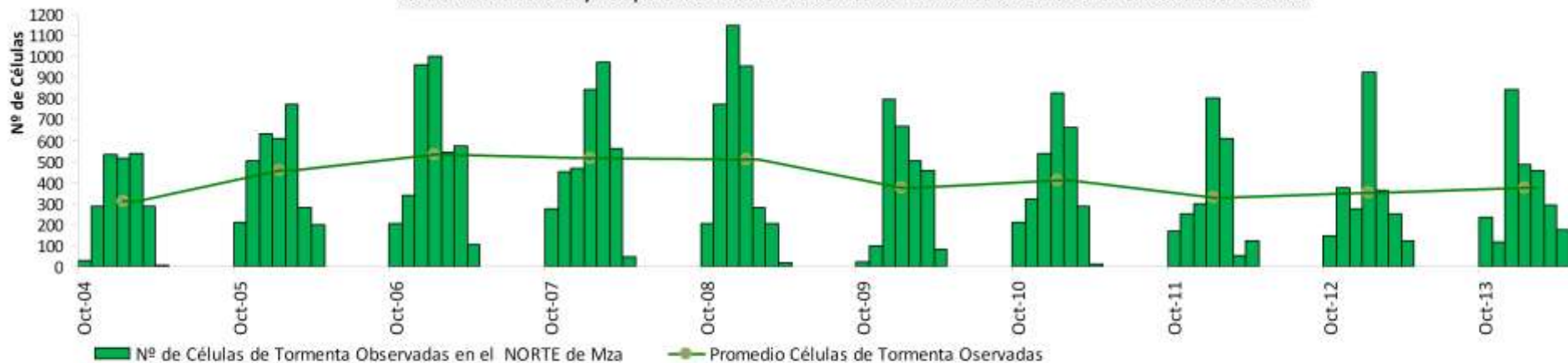
En ambos Oasis, Diciembre es el mes con mayor frecuencia de días con Severas en cultivos, seguido de Enero y Febrero.

Diferencias Días con Severas en Cultivos (Norte-Sur) 2004 - 2013

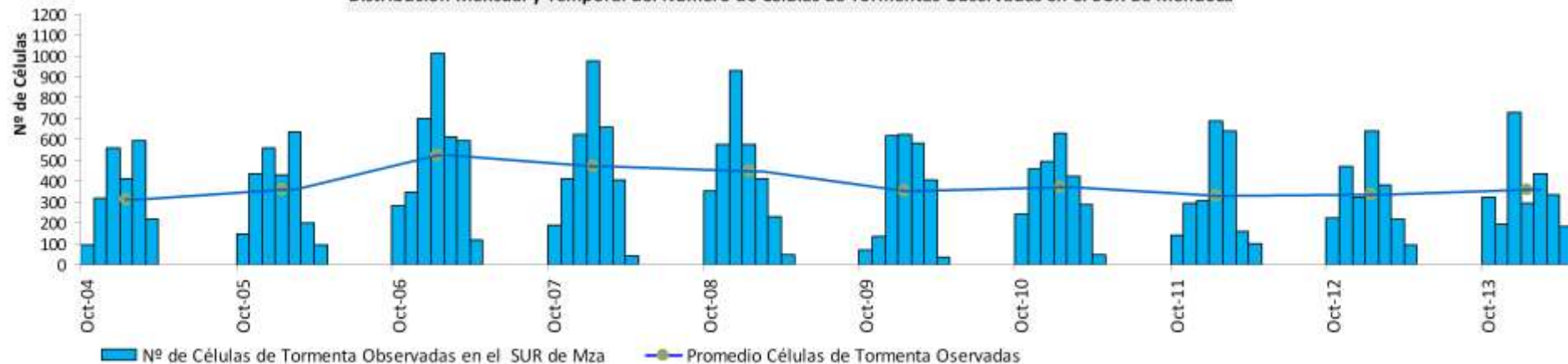


Diciembre también es el mes con mayores diferencias entre Oasis.

Distribución Mensual y Temporal del Número de Células de Tormentas Observadas en el NORTE de Mendoza



Distribución Mensual y Temporal del Número de Células de Tormentas Observadas en el SUR de Mendoza



En la última década, las temporadas 2006-07, 2007-08 y 2008-09 fueron las que registraron una mayor frecuencia de células convectivas con picos de 1013 celdas observadas en enero de 2007 en la porción Sur, y 1150 células en Diciembre de 2008 en la zona Norte de la provincia.

Tendencia mensual de frecuencias de celdas convectivas por Zonas

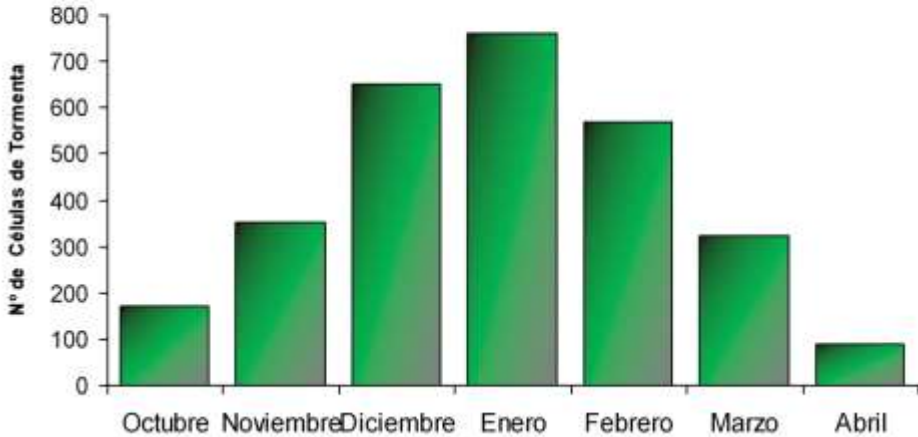
	Zona Norte	Zona Sur
Octubre	5.30	10.50
Noviembre	-23.59	-8.58
Diciembre	-18.96	-16.84
Enero	3.48	-13.22
Febrero	-24.08	-21.75
Marzo	-19.88	-7.31
Abril	6.27	9.45
Temporada	-71.47	-47.75

[Azul] = Valores significativos al 10%

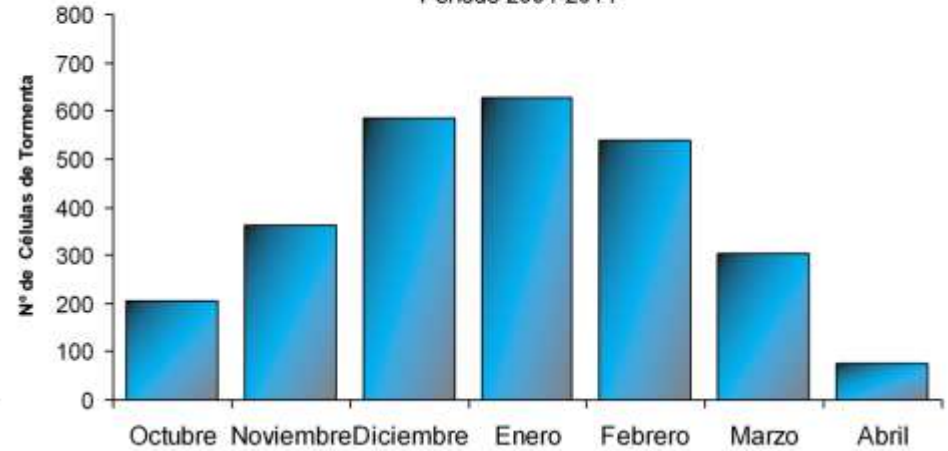
[Azul Negrita] = Valores significativos al 5%

En general hay una leve tendencia a la disminución del número de celdas convectivas en los últimos 10 años, aunque sólo significativa en Febrero para el Oasis Sur.

Promedio Mensual del Número de Células de Tormenta Observadas con Radar Meteorológico en el NORTE de Mendoza.
Período 2004-2014

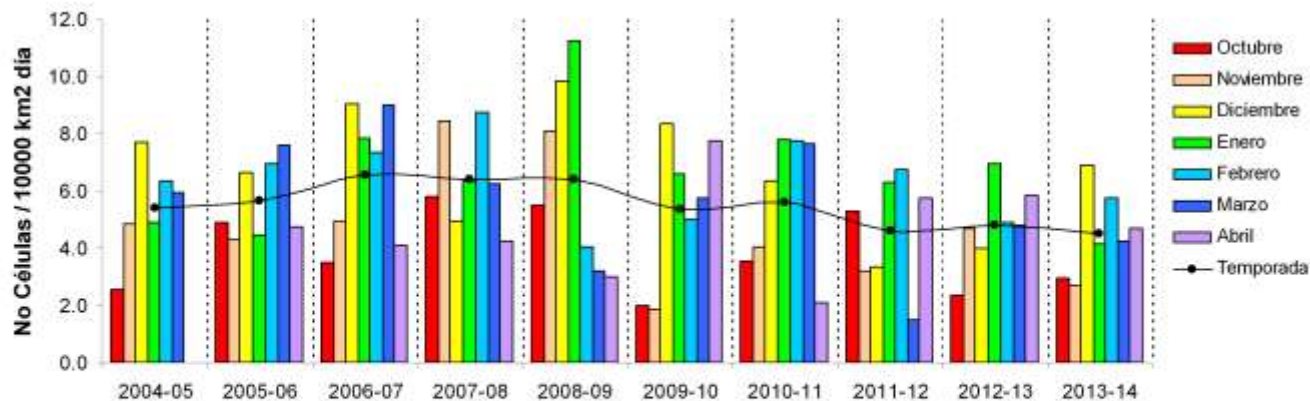


Promedio Mensual del Número de Células de Tormenta Observadas con Radar Meteorológico en el SUR de Mendoza.
Período 2004-2014

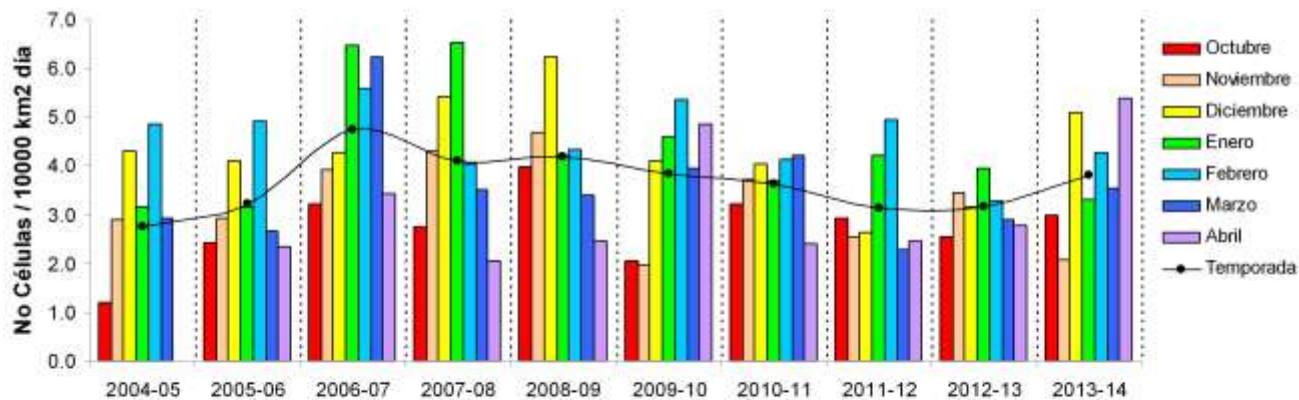


El número de células observadas es mayor en Enero, seguido de Diciembre y Febrero para ambas regiones.

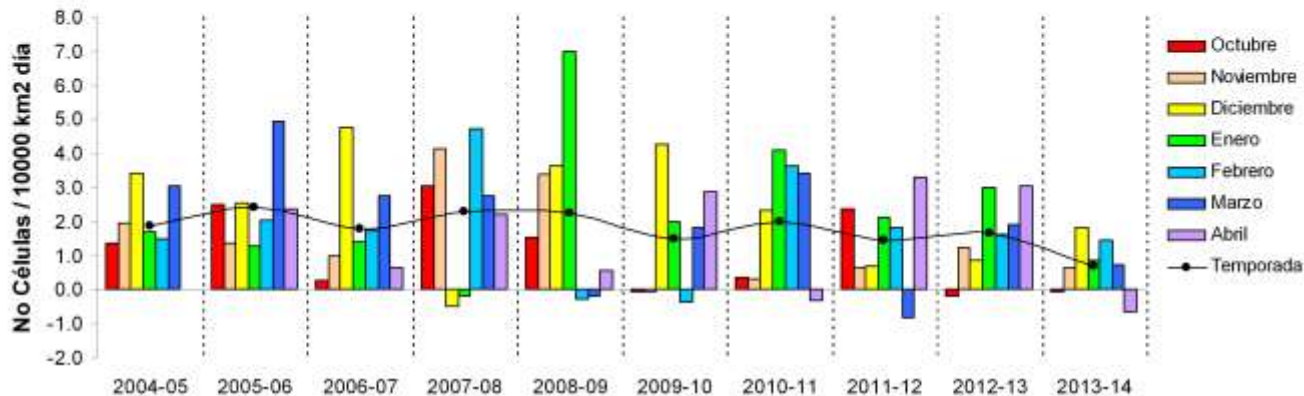
Densidad Areal Diaria de Células convectivas (Zona Norte)



Densidad Areal Diaria de Células convectivas (Zona Sur)

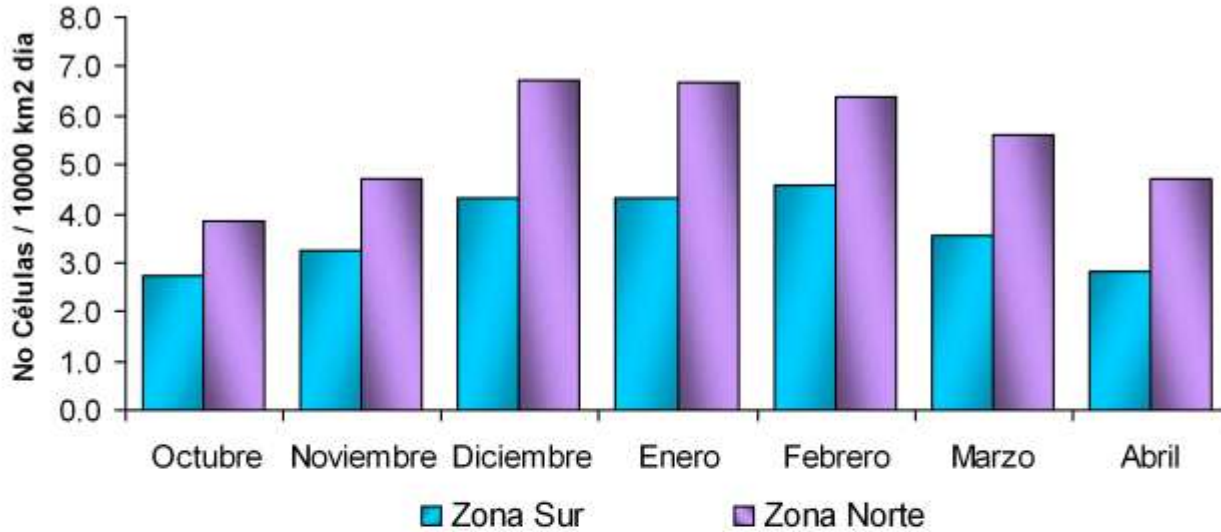


Diferencia Densidad Areal Diaria Norte-Sur

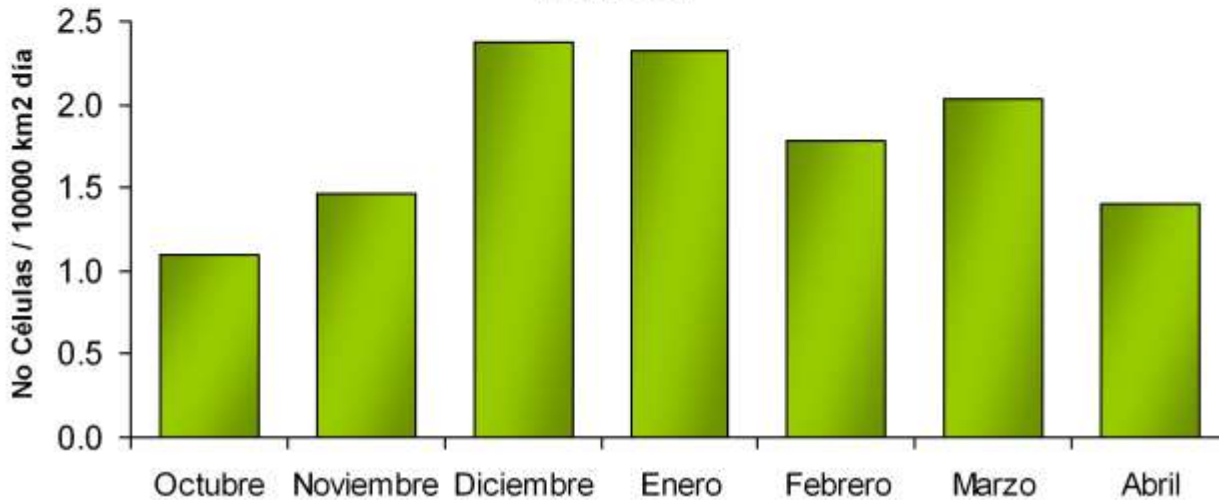


La densidad areal diaria de células convectivas es mayor en la región Norte con respecto a la Sur para casi todos los meses.

Densidad Areal Diaria de Células convectivas



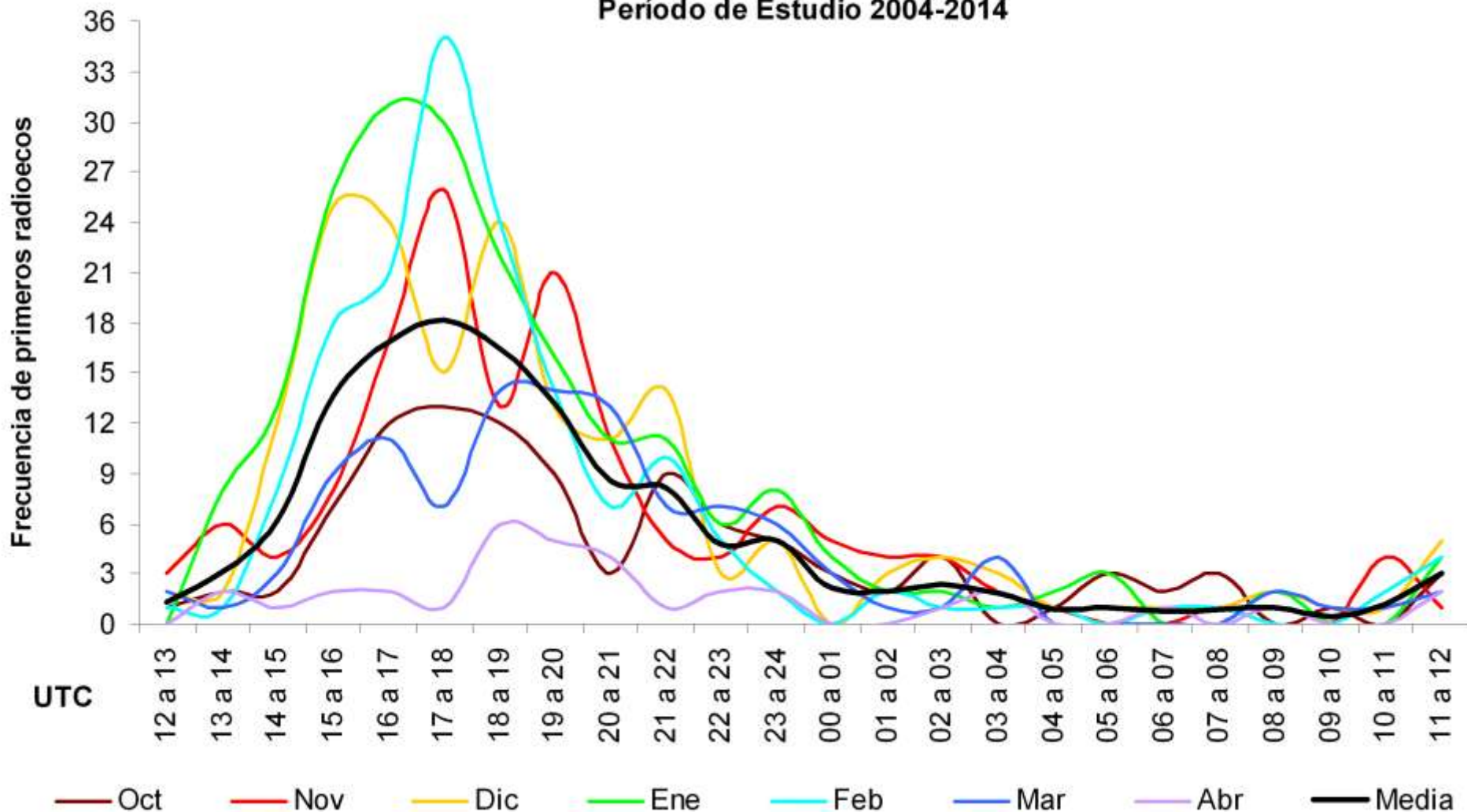
Diferencia Densidad Areal Diaria de Células convectivas Norte-Sur



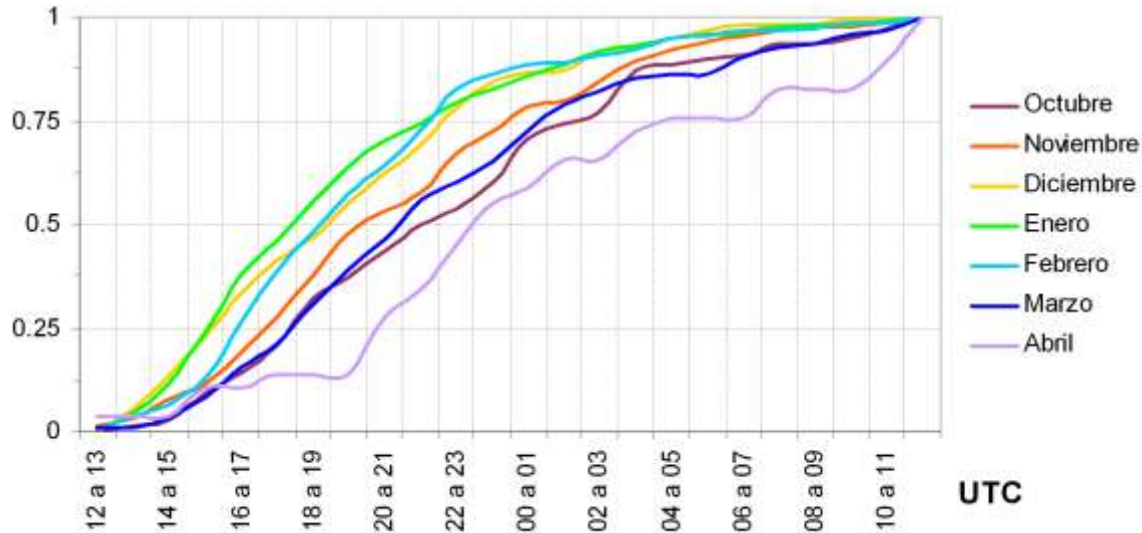
Los meses con mayores diferencias en la densidad de células convectivas entre oasis son Diciembre y Enero.

En la zona Sur, los primeros radioecos tienden a observarse con mayor frecuencia alrededor de las 17 a 18 UTC (2 a 3 PM), principalmente durante los meses de Nov-Feb, y con una menor frecuencia de inicio en horas posteriores con respecto a la zona Norte.

Distribución Mensual de Aparición de PRIMEROS RADIOECOS - SUR de MENDOZA
Período de Estudio 2004-2014

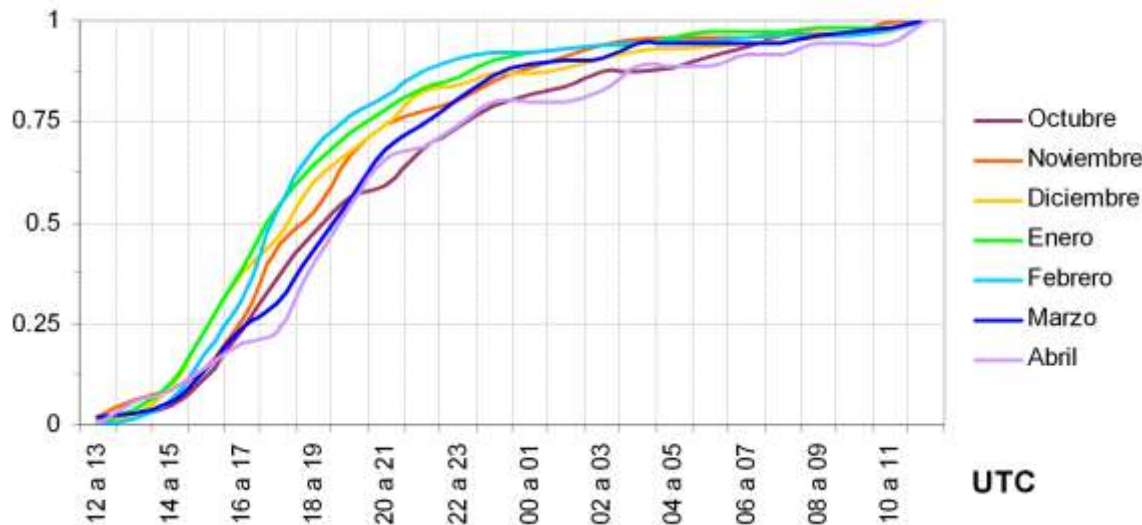


Distribución Frecuencias Relativas Acumuladas de aparición de primeros radioecos - Norte de Mendoza
Periodo 2004 - 2014



La hora de inicio de la convección tiende a ir adelantándose de Octubre a Enero, para luego volver a atrasarse de Febrero a Abril.

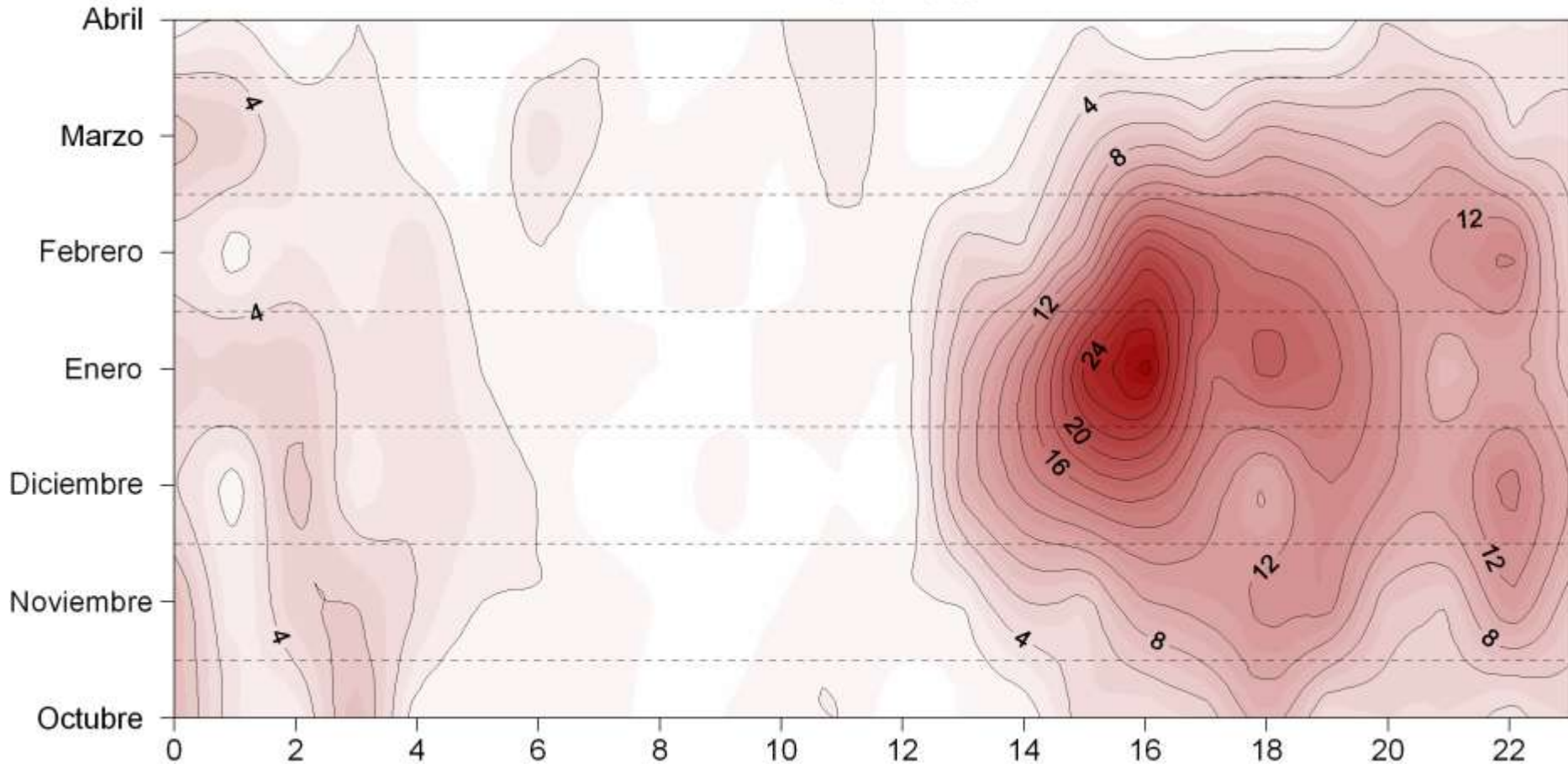
Distribución Frecuencias Relativas Acumuladas de aparición de primeros radioecos - Sur de Mendoza
Periodo 2004 - 2014



Este adelantamiento es menos notorio en la región Sur con respecto a la Norte.

Frecuencia horaria de primeros radioecos

Zona Norte

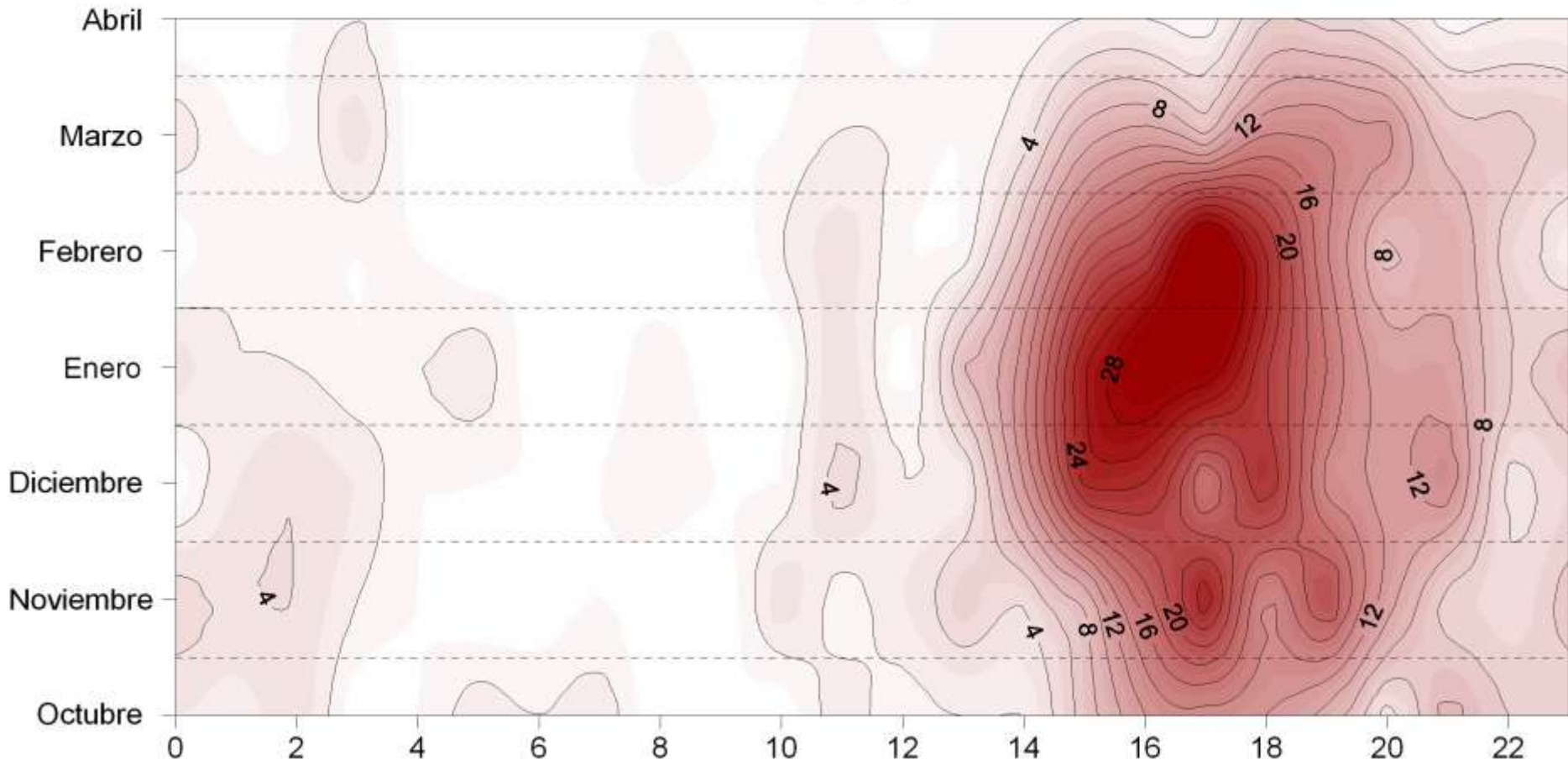


En la región Norte, en Enero, la actividad convectiva se inicia mayormente alrededor de las 16 UTC, con un segundo pico alrededor de las 18 UTC.

En Diciembre y Febrero, un segundo pico se observa alrededor de las 22 UTC (7 PM).

Frecuencia horaria de primeros radioecos

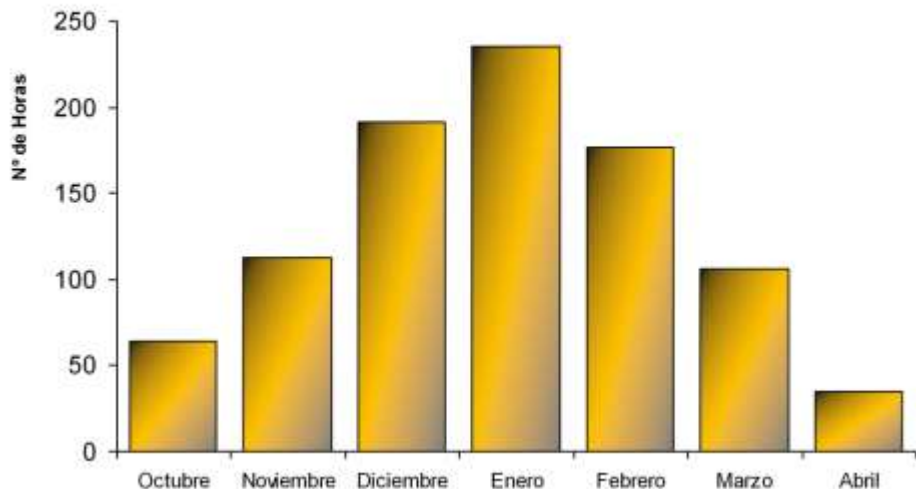
Zona Sur



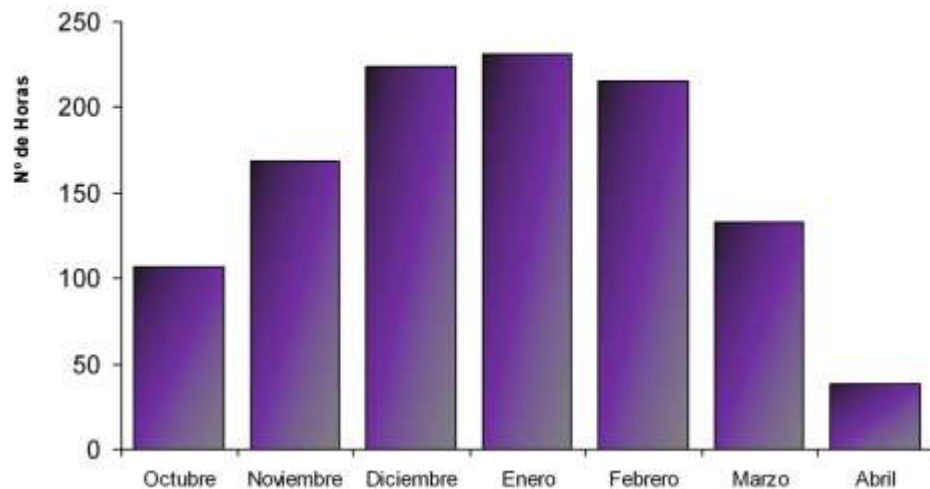
En la región Sur, el mayor número de tormentas se inicia alrededor de las 16 UTC en Enero, mientras en Febrero tienden a iniciarse una hora más tarde.

La frecuencia de inicio de actividad convectiva disminuye drásticamente a partir de las 21 UTC (6 PM) para todos los meses.

Promedio Mensual del Número de Horas con Detección de Células de Tormenta con Radar en el NORTE de Mendoza.
Período 2004-2014

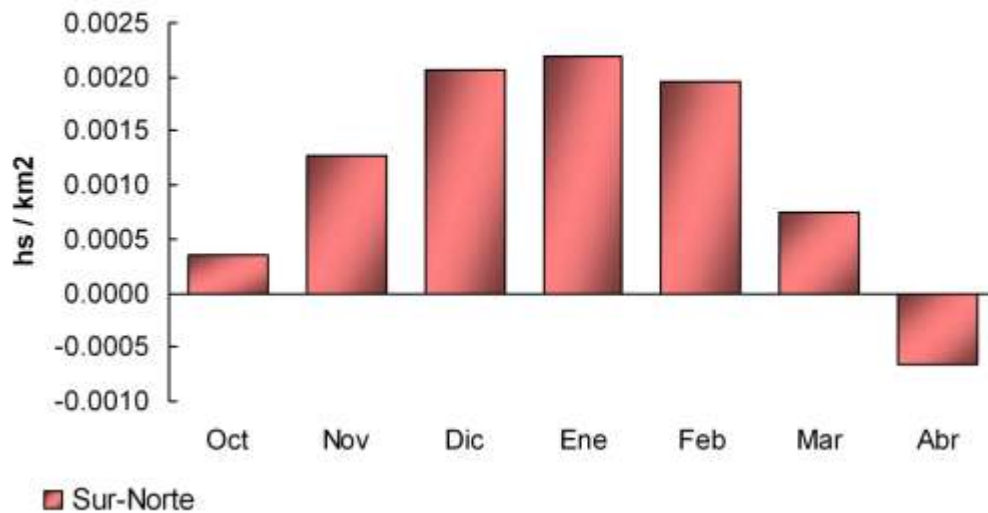


Promedio Mensual del Número de Horas con Detección de Células de Tormenta con Radar en el SUR de Mendoza.
Período 2004-2014



El número de horas de observación de actividad convectiva es relativamente mayor en la región Sur que en la Norte para todos los meses, excepto para Abril.

Diferencia Nº de Horas de observación entre Oasis



CONCLUSIONES

En los últimos 10 años:

El mayor número de días con tormentas se presenta en enero (22 días de los cuales el 64% y 73% corresponden a Severas en el Norte y el Sur respectivamente), seguido de diciembre (18 a 20 días con ~76% de severas) y Febrero (17 a 18 días con 70 a 78% de severas).

En ambos Oasis, diciembre es el mes con mayor frecuencia de días con Severas en cultivos (y con mayores diferencias entre Oasis), seguido de enero y febrero.

Las temporadas 2006-07, 2007-08 y 2008-09 registraron la mayor frecuencia de células convectivas con picos de 1013 celdas en enero de 2007 en zona Sur, y 1150 células en Diciembre de 2008 en zona Norte. El número de células es mayor en enero, seguido de diciembre y febrero para ambas regiones. Los meses con mayores diferencias en la densidad de células convectivas entre oasis son diciembre y enero.

En los últimos 10 años, para casi todos los meses, el número de días con observación de tormentas (Severas y No Severas) y la densidad areal diaria de células convectivas es mayor en la zona Norte que en la Sur. Sin embargo, el número de días con tormentas Severas en cultivos es mayor en el Oasis Sur con respecto al Oasis Norte.

En la última década, el número de días con Severas por temporada viene disminuyendo en el Sur con respecto al Norte.

No se observan tendencias significativas en la frecuencia de días con tormentas (Severas, No Severas o Severas en cultivos) en la Zona Norte. Sin embargo en la Zona Sur se observa un aumento en la frecuencia de días con No Severas (especialmente en enero) y una disminución en los días con Severas en la región (principalmente de Nov. a Mar.) y en cultivos (aunque estas últimas aumentan en abril). En general hay una leve tendencia a la disminución del número de celdas convectivas en los últimos 10 años, aunque sólo significativa en febrero para el Oasis Sur.

En la zona Norte, los primeros radioecos tienden a observarse con mayor frecuencia alrededor de las 16 a 17 UTC (1 a 2 PM), principalmente en dic.-feb.; mientras en la zona Sur, alrededor de las 17 a 18 UTC (2 a 3 PM), de nov.-feb., y con una menor frecuencia de inicio en horas posteriores con respecto a la zona Norte.

La hora de inicio de la convección tiende a ir adelantándose de Octubre a Enero, para luego volver a atrasarse de Febrero a Abril. Este adelantamiento es menos notorio en la región Sur con respecto a la Norte.

El número de horas de observación de actividad convectiva es relativamente mayor en la región Sur que en la Norte para todos los meses, excepto para Abril.