

Aplicación de imágenes satelitales para la detección de tormentas severas.

Casos de Estudio

José Manuel Gálvez¹

con la colaboración de Cintia Espinola² y Alejandro Coronel³

1 AXIOM for WPC/NWS/NOAA, College Park, Maryland

2 DMH/DINAC, Asunción Paraguay

Lima, 22 de noviembre de 2022

¿Qué rasgos en las imágenes nos pueden indicar un potencial severo significativo?

- **Imágenes de vapor de agua:** Informan sobre el patrón sinóptico, especialmente presencia de chorros y vaguadas de altura, que se relacionan a la ocurrencia de turbulencia y tiempo severo. Permiten encontrar ondas de gravedad.
- **Imágenes infrarrojas:** Permiten diagnosticar las temperaturas de toques de cumulonimbos (que tan intensas son las tormentas), el tipo de nubosidad y rasgos de severidad.
- **Las imágenes visibles:** Permiten diagnosticar estructuras de alta Resolución que son indicadores de tiempo severo.
- **El GLM:** Permite diagnosticar severidad y como van a evolucionar las tormentas en función a la variabilidad de la electrificación.
- **Productos RGBs:** Nos dan mucha información útil sobre estructuras específicas relacionadas al tiempo severo.

Evento

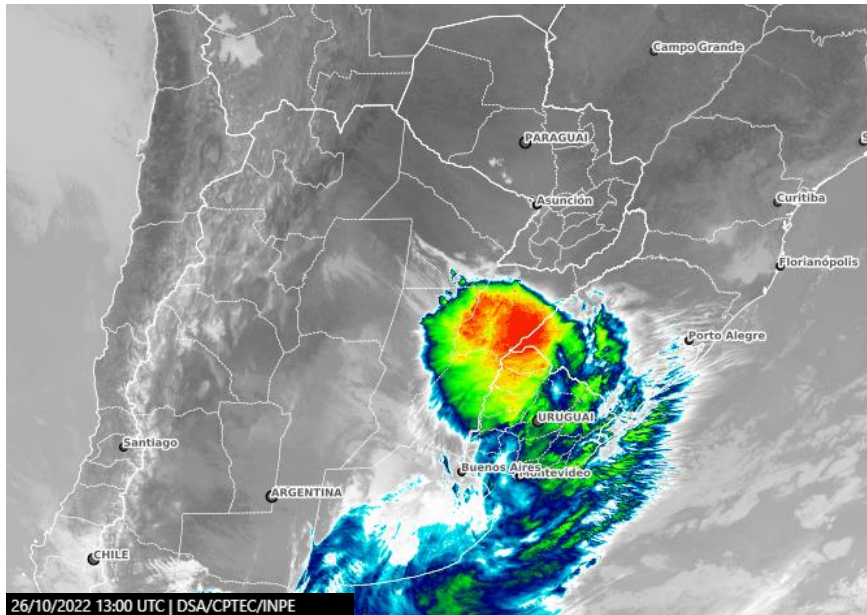
Daños en Aeronave por Tormenta Severa
en Asunción el 26 de octubre de 2022



Foto cortesía de Cintia Espinola

Ruta de Vuelo

Vuelo Santiago-Asunción que cruzó línea de tormentas. Intentó aterrizar en Asunción pero no pudo y tuvo que ser desviado a Foz do Iguacu.



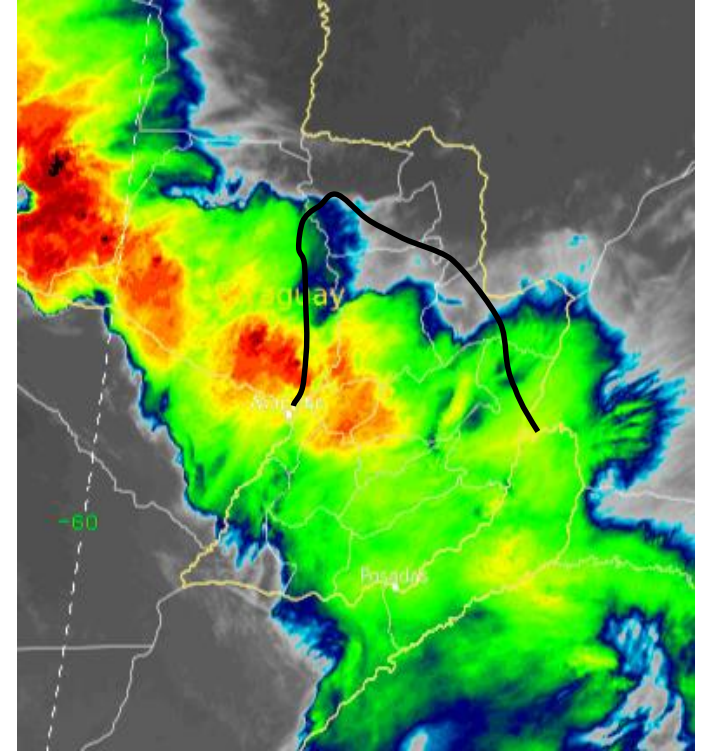
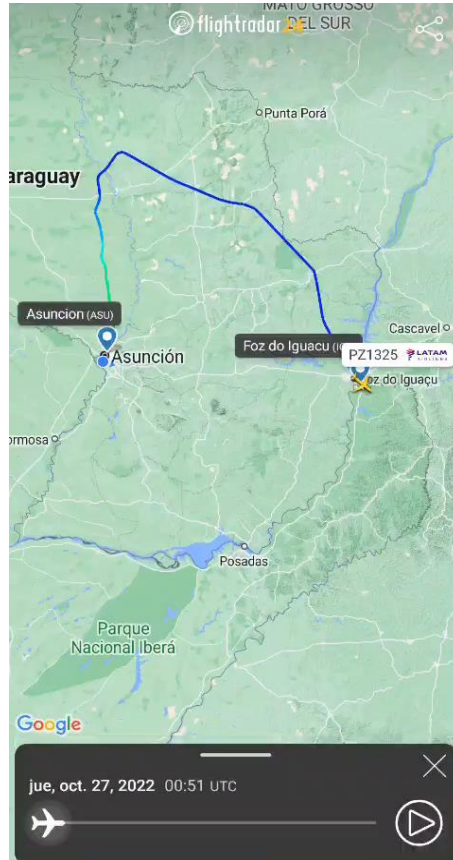
Caso de Tormenta Severa, 26 de octubre de 2022

Ruta de Vuelo

Caso de Tormenta Severa, 26 de octubre de 2022

Luego de aproximadamente 3 horas sale rumbo AISP

- El vuelo partió de Brasil (Foz de Iguazú) rumbo a Paraguay (Asunción)
- Hora de despegue 00:51 UTC del 27-11-2022
- Hora de aterrizaje en ASU 02:03 UTC
- La turbulencia extrema ocurrió durante este periodo. La imagen indica que se debió al cruce de la línea de tormentas.



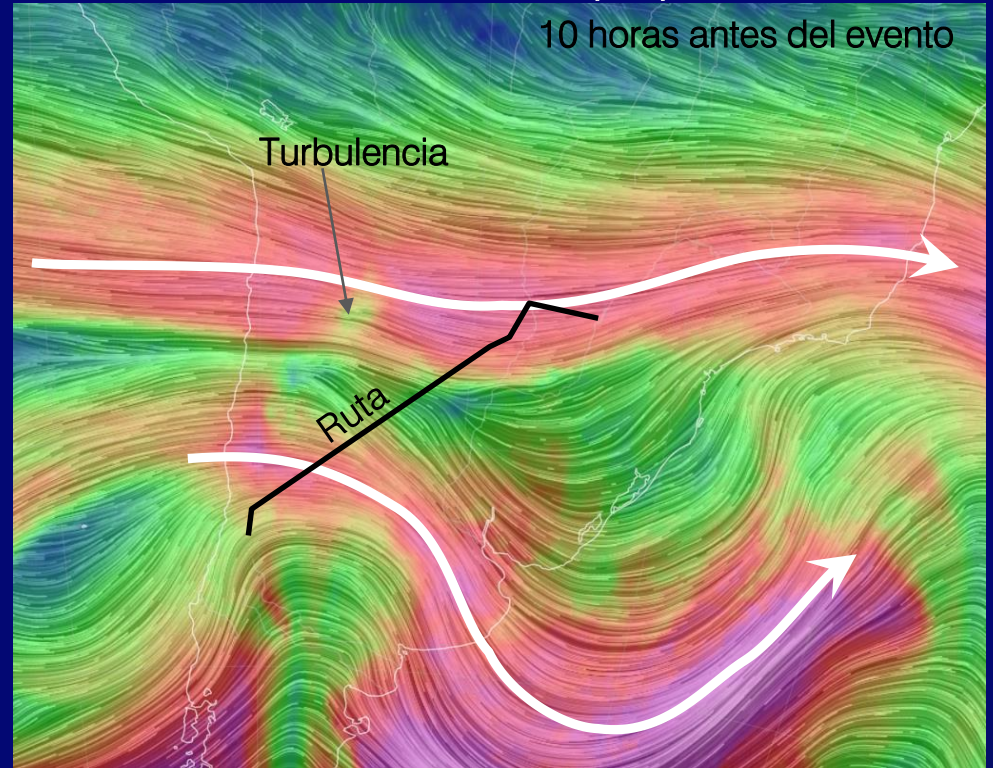
Situación Sinóptica

- Vaguada de altura importante cruza la cordillera, asociadas a chorros.
- Al presionar contra la dorsal en el trópico, intensifica el chorro subtropical que se ubica sobre el sur de Paraguay.
- Mínimo de viento a sotavento de la cordillera indica descensos y potencial turbulencia.

Viento 250 hPa

26/10/2022 12 UTC

10 horas antes del evento



Situación Sinóptica durante la aproximación a Asunción fallida

- A la hora del evento, la ruta de vuelo pasa por la parte norte de un eje de vaguada de onda corta que intercepta el chorro subtropical.
- Esta configuración es conocida por asociarse a turbulencia de aire claro: lado frío del chorro donde se encuentra un eje de Vaguada.
- Asimismo, una línea de tormentas estaba cruzando la región asociadas a los sistemas de altura, lo que empeoró la situación.

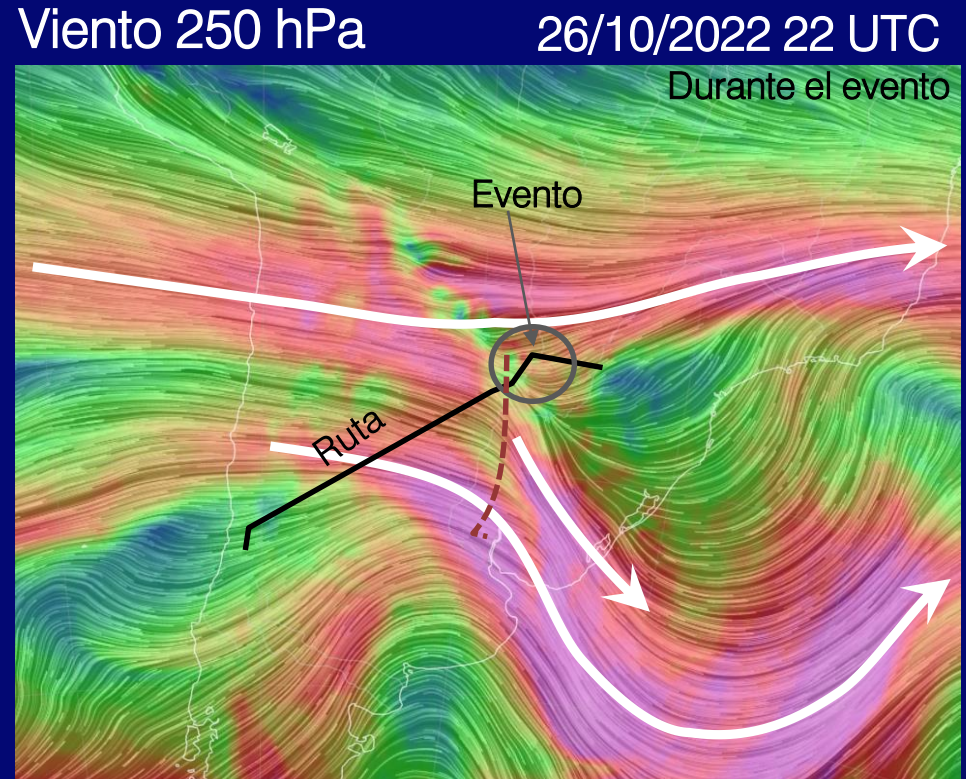


Imagen de vapor de agua de nivel alto (6.9 μ m)

- Muestra flujo turbulento y perturbado en la region de la convección y flujo arriba, por las ondas de gravedad en cordillera y gradientes abruptos de humedad. Aire muy seco detrás del sistema de tormentas.
- Patrón muy difluente en la línea de tormenta sugiere Divergencia de altura importante, favorable para severidad.
- Se ve la estructura de vaguada de inclinación negative en el noreste de Argentina.
- También se ven los topes muy fríos llegando a Asunción indicando tormenta severa.

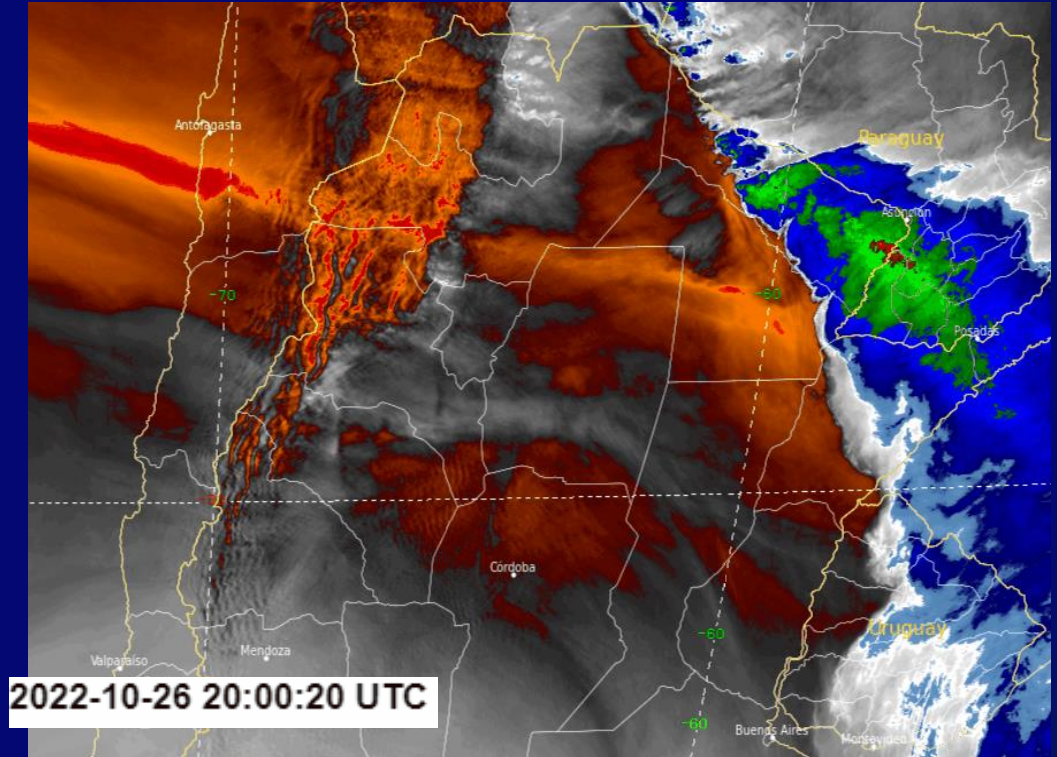
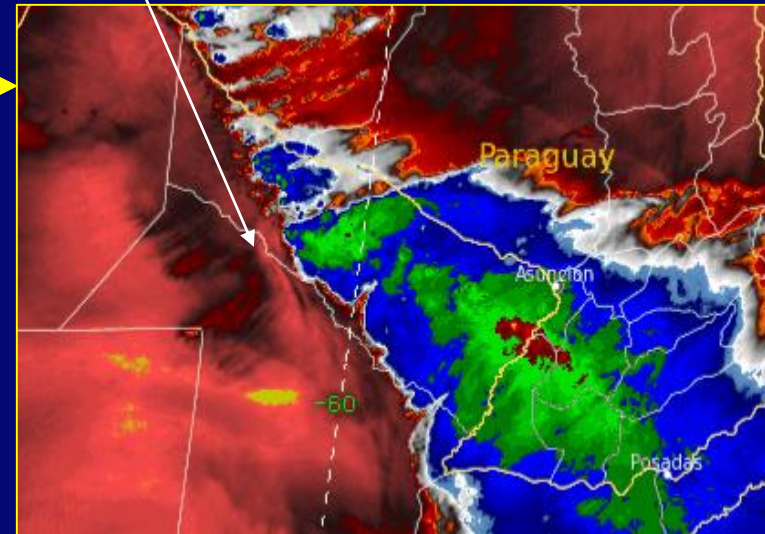
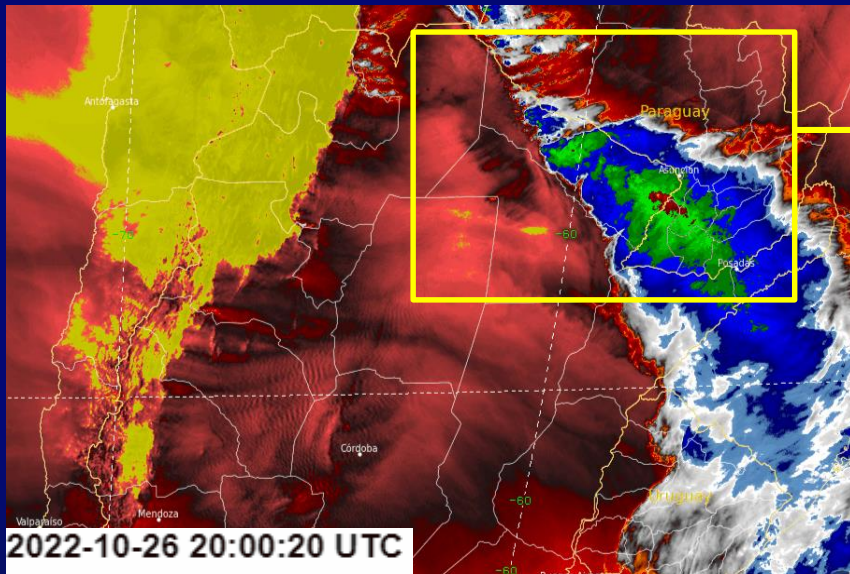


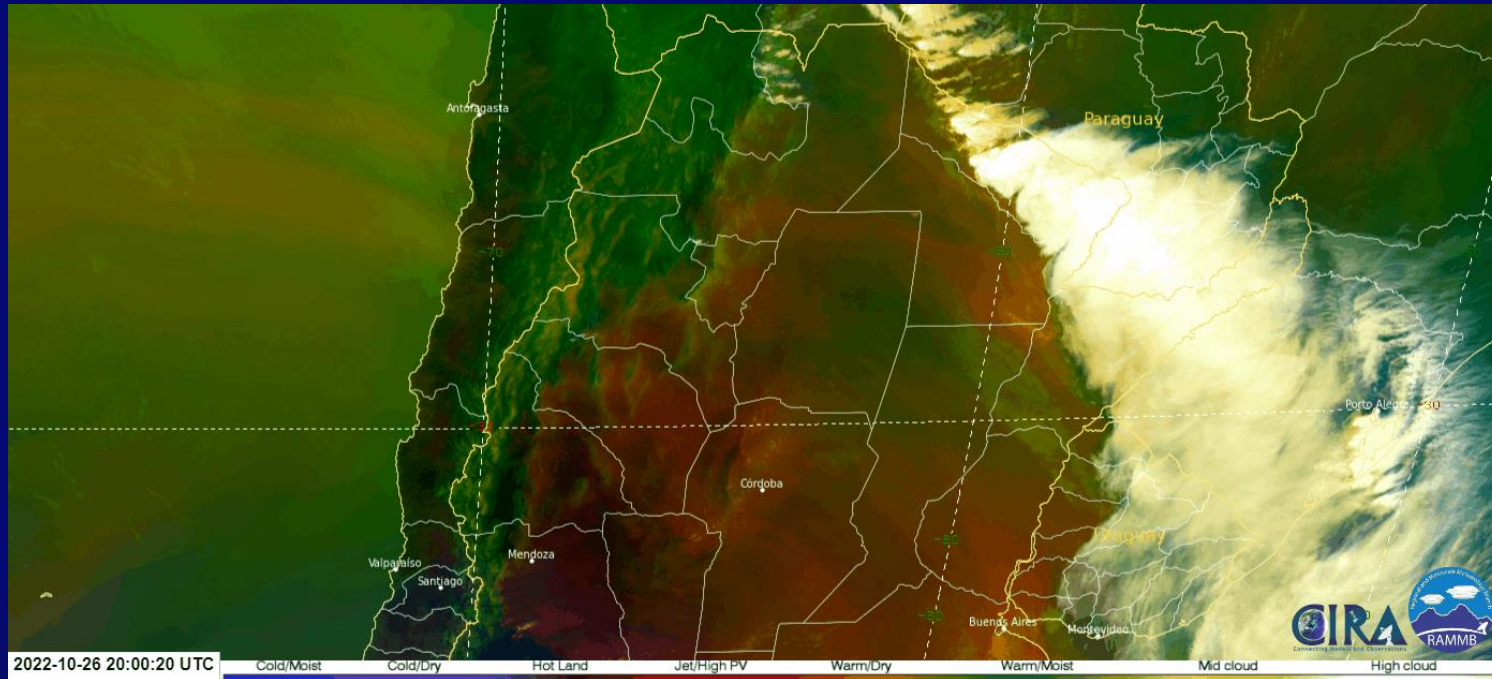
Imagen de vapor de agua de nivel bajo ($7.3\mu\text{m}$)

- Similar al producto anterior, pero nos permite ver regiones inferiores en la tropósfera (700-500 hPa versus 500-300 hPa).
- Se ven muchas perturbaciones en el lado trasero de la línea, indicando tormentas severas que son capaces de modificar el ambiente en escalas de cientos de km.



RGB de Masas de Aire

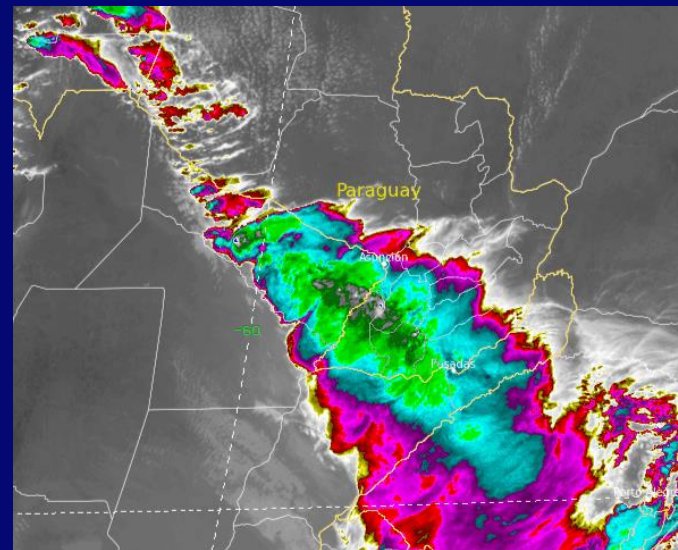
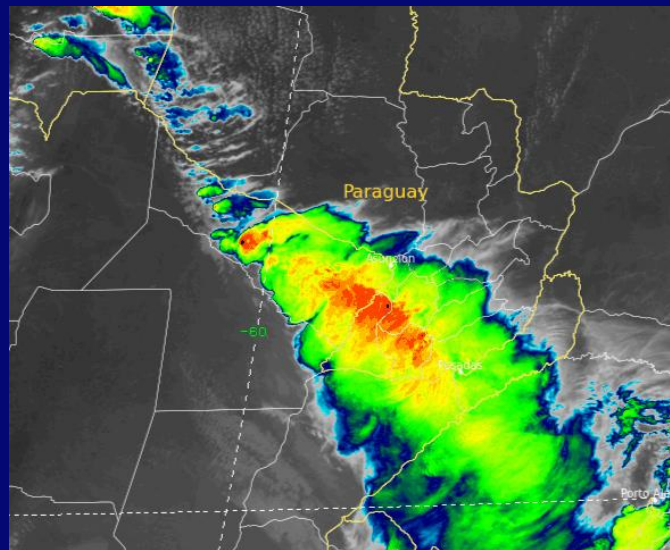
- En este caso, este producto no da una información clara de severidad. Pero se puede ver el gradiente de humedad en altura entre ambos lados de la línea.



Señales de convección severa

Canales Infrarrojos (10.3, 11.2 y 12.3 μm)

- Permiten evaluar las temperaturas de los toques de las nubes, que nos permiten evaluar la altura de los toques de Cb (muy altos se pueden asociar a severidad) y la estructura de los toques que también muestran señales de severidad.
- Los tres canales muestran información muy parecida. A la vista, las diferencias que dominan vienen de la paleta de colores más que de la información que otorga cada canal.



Señales de Severidad: Penetración de la Tropopausa

- ❖ El que la convección penetre la tropopausa, es indicador de ascensos extremos.
 - Tropopausa: región extremadamente estable (inversion termal).
 - Sólo corrientes ascendentes intensas la pueden penetrar.
 - Se asocian a overshooting tops (OT), pero no todos los OT garantizan penetración de tropopausa

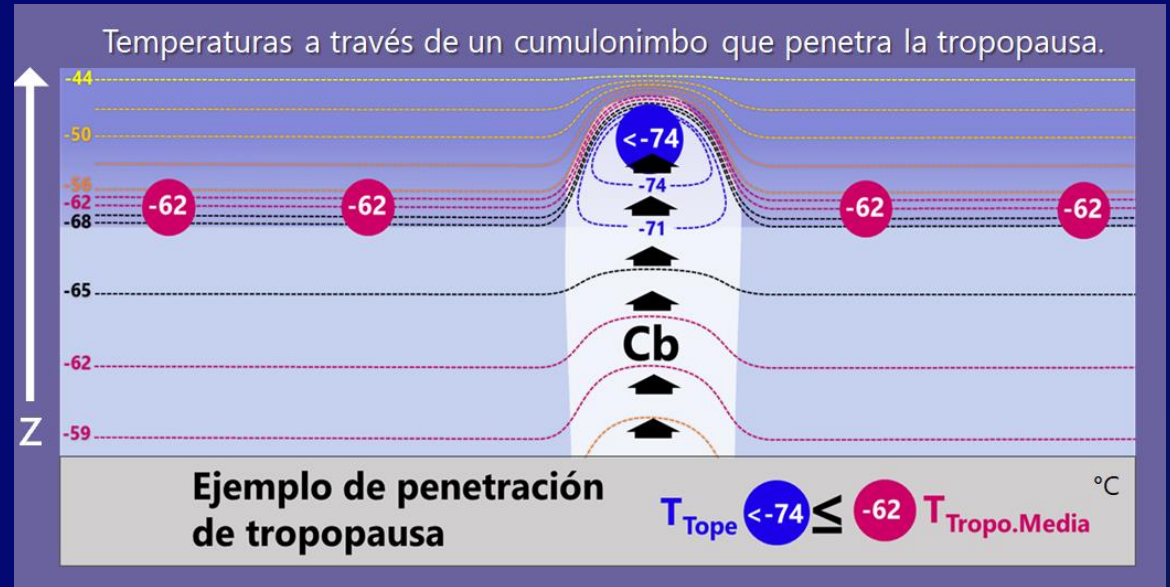


Señales de Severidad: Penetración de la Tropopausa

SEVERIDAD DE LA CONVECCIÓN.

El canal IR es de gran utilidad para estimar la intensidad de las tormentas y de la lluvia. Se utilizan técnicas para identificar las cimas de nubes frías asociadas con la convección intensa y con las tormentas severas. Con las imágenes IR se puede:

- Detectar los *overshootings* (también con las diferencias de BT entre canales WV e IR), además nos dan una idea cuantitativa de la intensidad de la convección por la diferencia de temperatura entre la cima de los topos traspasantes y las temperaturas medias del yunque que les rodea.
- Anticipar el comienzo de la actividad eléctrica.



Evaluación de Penetración de la Tropopausa

Estimar la temperatura de la tropopausa con datos del modelo GFS y Wingrids:

En Wingrids, abrir el archivo y ponerlo en la hora de pronóstico más cercana: Ej. Wingrids: *F06*

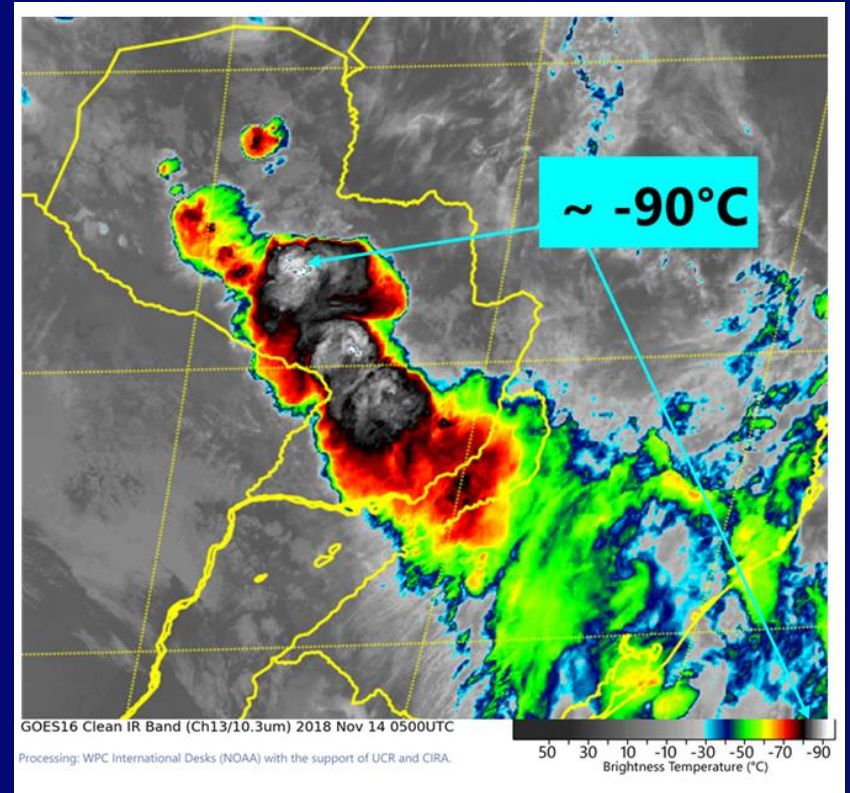
Fijar el área del gráfico: Paraguay
Ej. Wingrids: *AREA -25 56 16*

Graficar la temperatura de la tropopausa:
Ej. Wingrids: *TEMP TROP CIN1*

Comparar la temperatura de la imagen con la de Wingrids (GFS):

$$T_{\text{banda10.3um}} \leq T_{\text{tropopausa_Wingrids}} :=$$

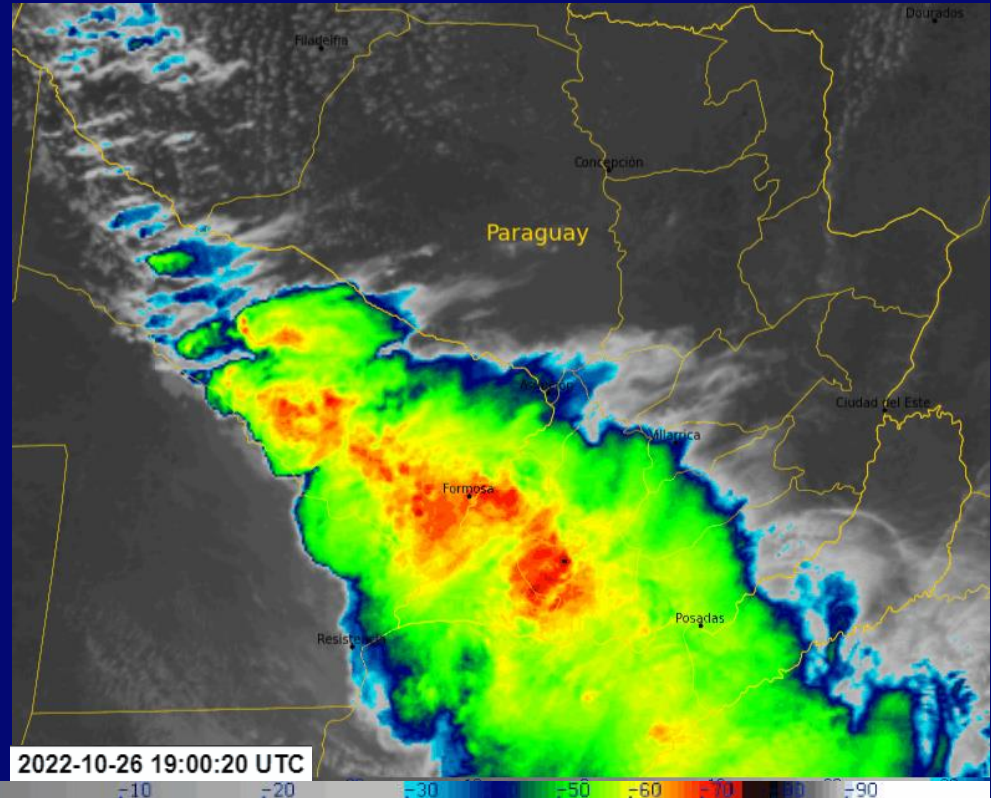
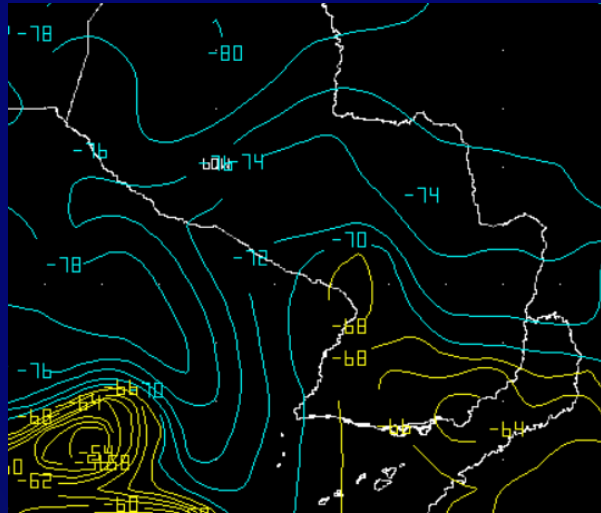
La temperatura de -90°C muestra penetración de la tropopausa a indica tormenta severa.



Penetración de la Tropopausa

Caso Asunción, 26 de octubre de 2022

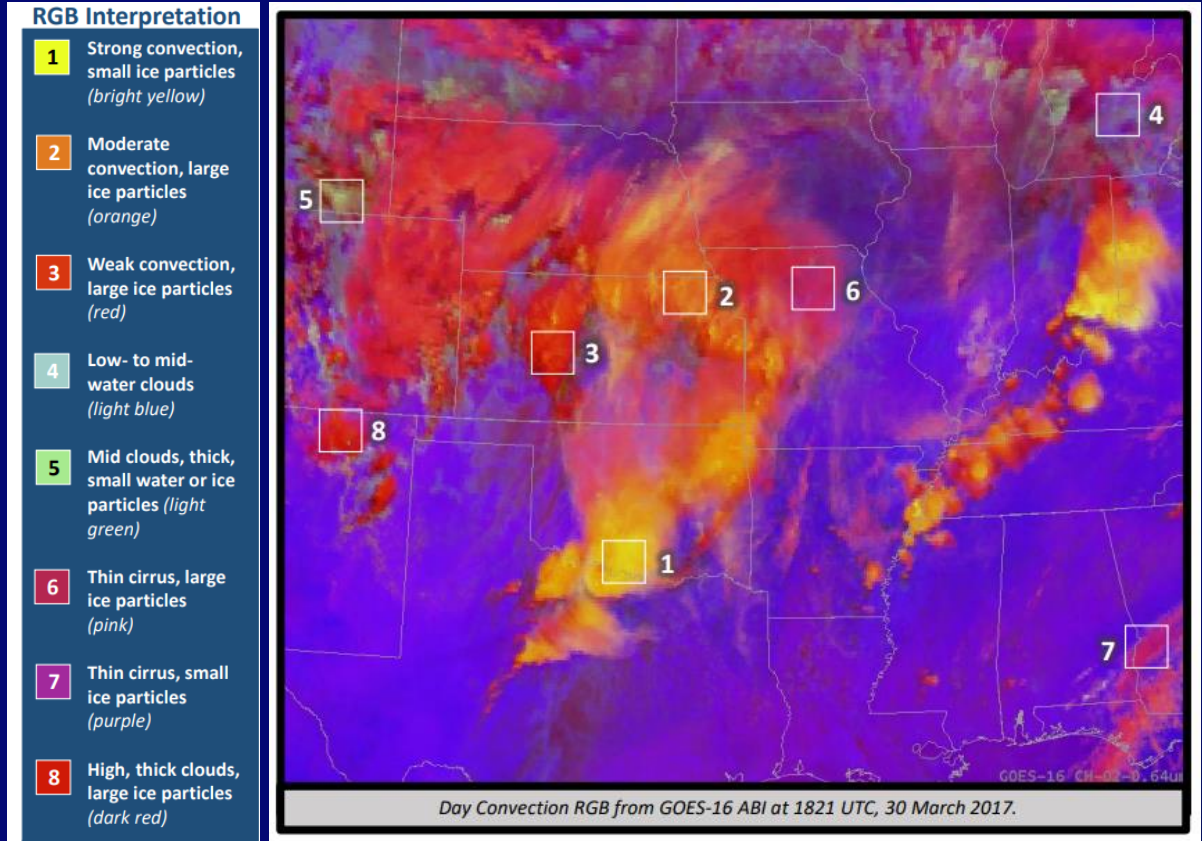
- Temperatura de los toques $< -75^{\circ}\text{C}$
- Penetración de la tropopausa, pues indican -68°C sobre Asunción



Day Convection RGB (INPE Convective Storm)

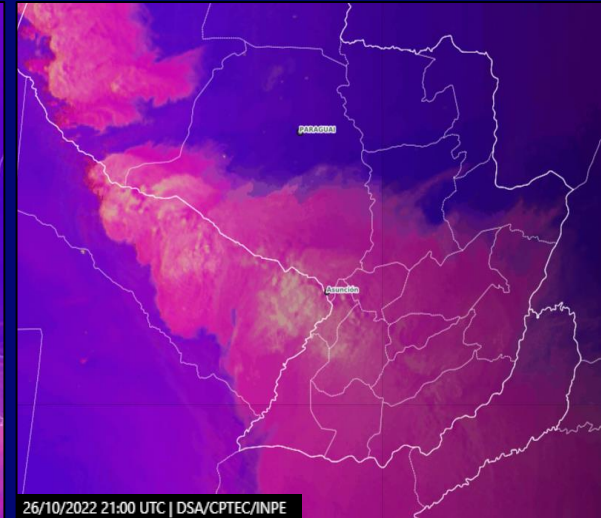
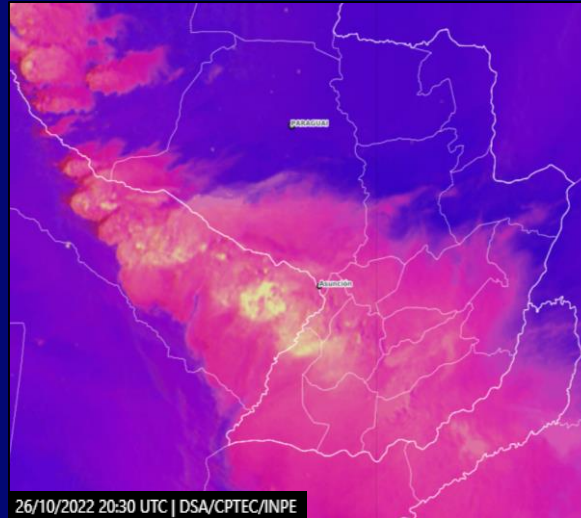
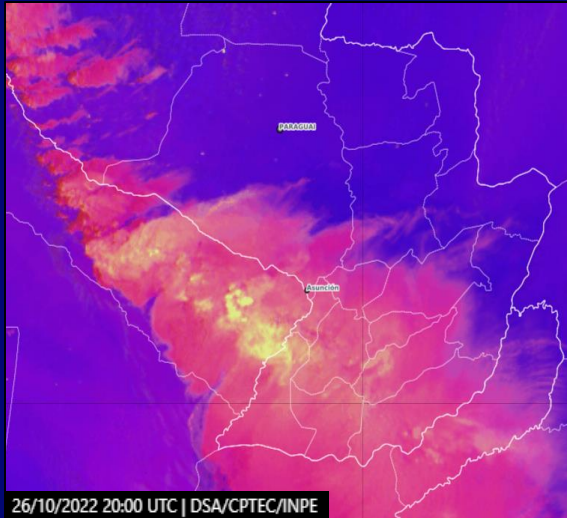
- Permite evaluar severidad al también al detectar corrientes ascendentes intensas en amarillo.
- El producto solo funciona durante el día, por ello la disminución del brillo a las 21 UTC.

Disponible en el INPE-DSAT



Day Convection RGB (INPE Convective Storm)

- Permite evaluar severidad también. Detecta Corrientes ascendentes intensas.
- Colores amarillos muestran tormentas intensas acercándose a Asunción.
- El producto solo funciona durante el día, por ello la disminución del brillo a las 21 UTC.



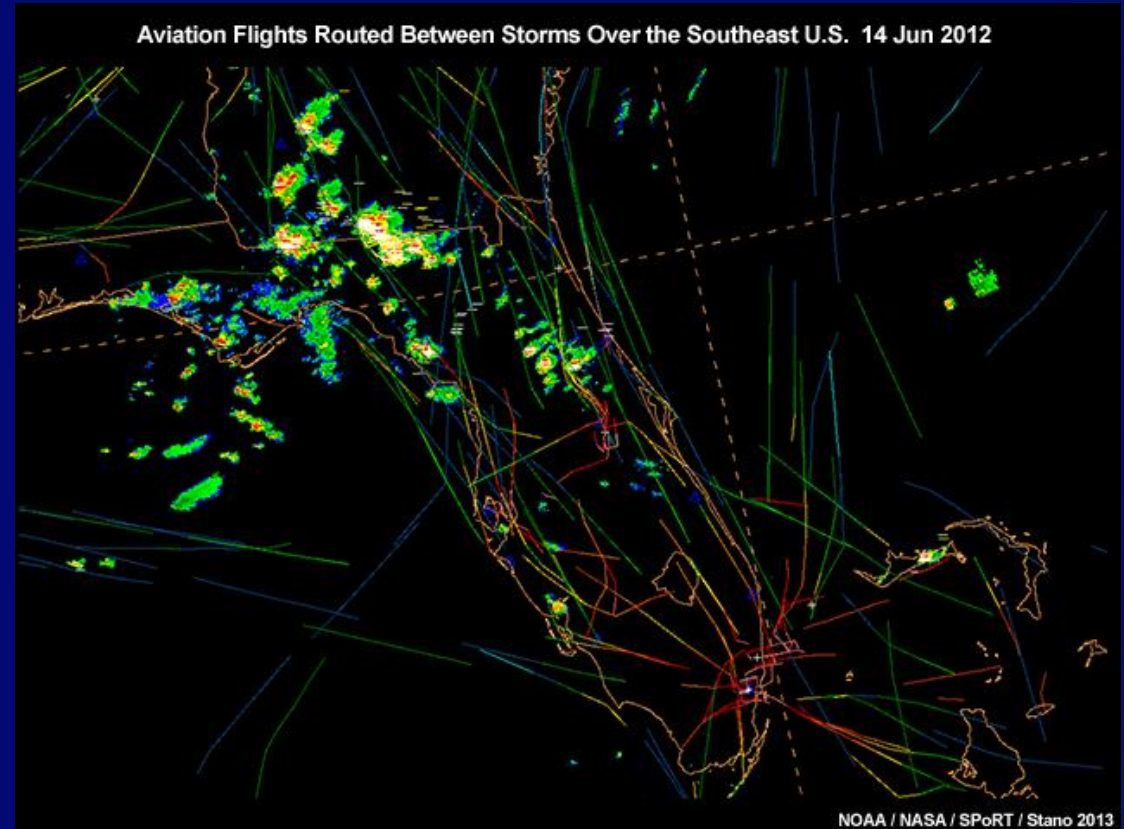
Disponible en el INPE-DSAT

Aplicaciones del GLM en la aviación

GLM: Mapeador de Rayos Geoestacionario

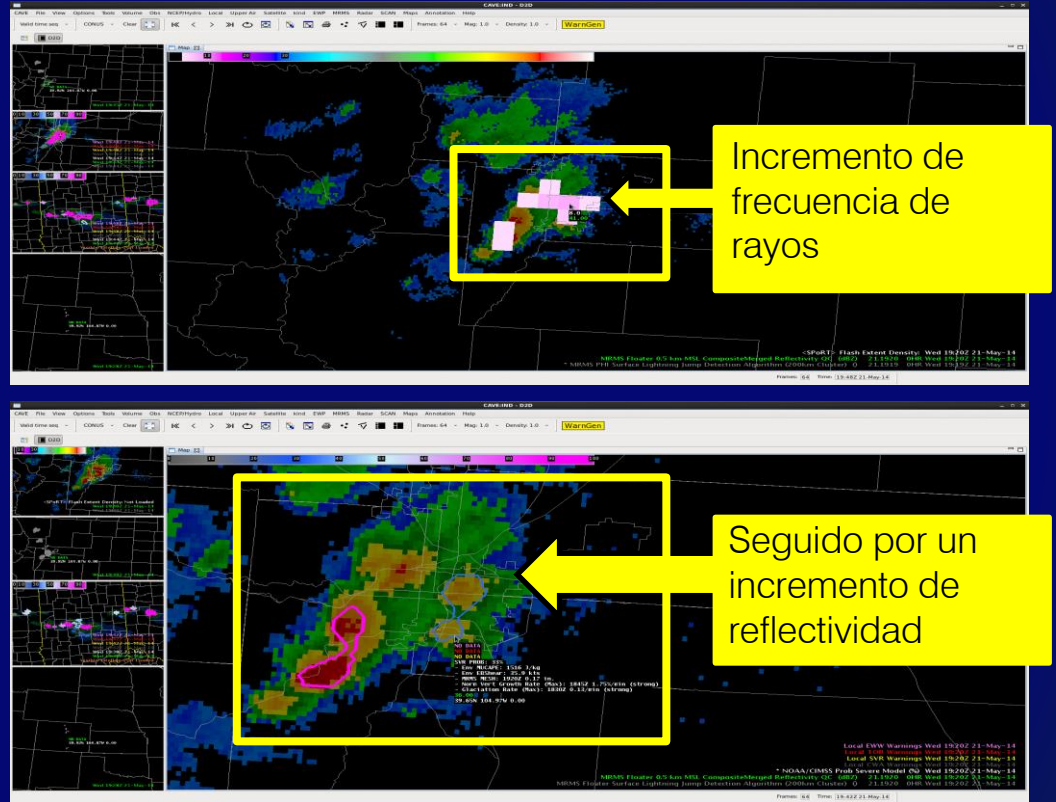
Aplicaciones del GLM en la aviación

- Mejor cobertura espacial ha mejorado los diseños de rutas aéreas alrededor de tormentas.
- Ayuda con el control de tráfico aéreo, mejorando la seguridad en el aire y en la tierra, conservando combustible y reduciendo retrasos.
- Especialmente para rutas oceánicas.



Lightning Jump (LJ)

- ❖ Definición: Incremento súbito en la frecuencia de descargas eléctricas en una tormenta.
- ❖ Suele indicar que una celda convectiva se está intensificando y puede desarrollar tiempo severo en los siguientes 20 minutos.

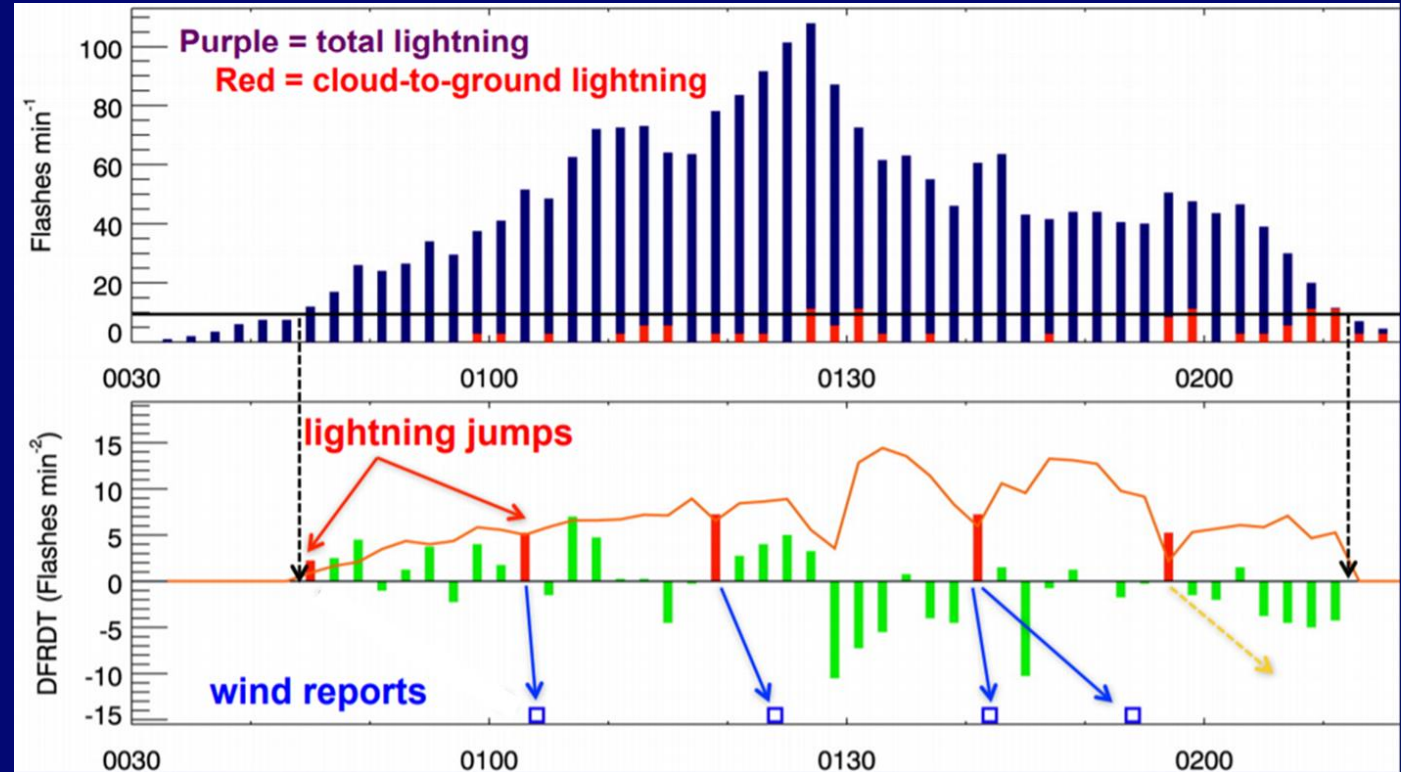


Referencias: Goodman et al. 1988, MacGorman et al. 1989, Williams et al. 1989, Williams et al. 1999, Buechler et al. 2000, Lang et al. 2000, Goodman et al. 2005, Wiens et al. 2005, Tessendorf et al. 2007, Steiger et al. 2007, Gatlin and Goodman 2010, Darden et al. 2010, Schultz et al. 2009, 2011.

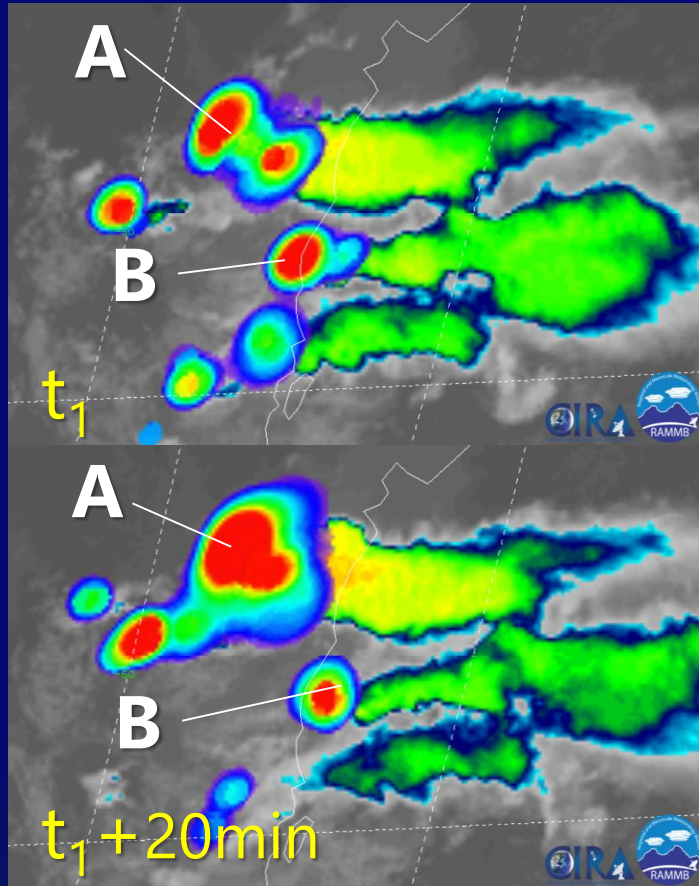
LJ como predictor de vientos severos

Schultz et al. (2011)

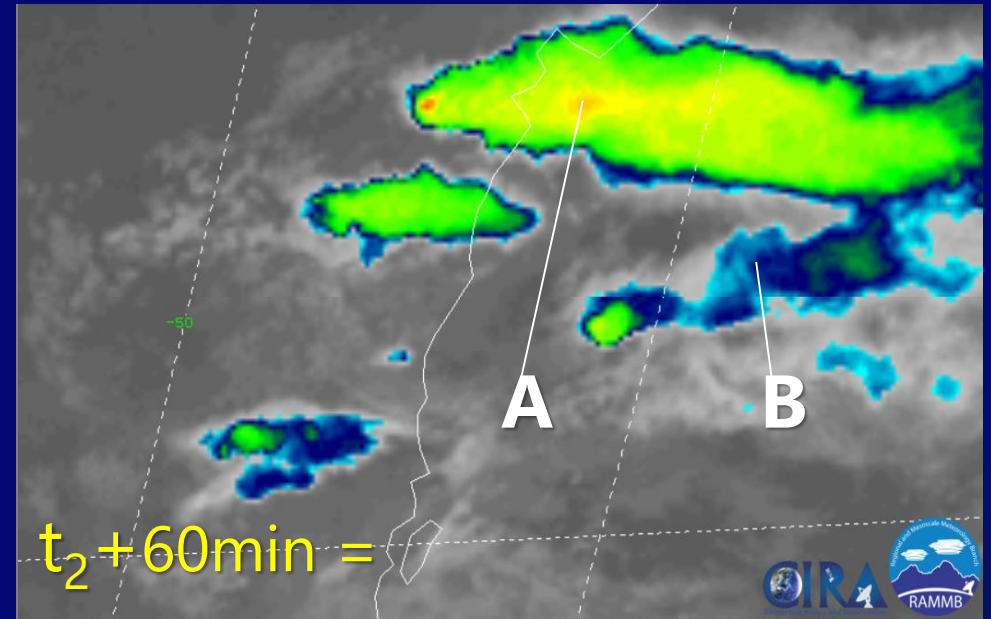
Tormenta que produjo vientos severos el 20 de junio de 2000 en Kansas.



Pronostique duración de celdas con el Lightning Jump (LJ)



¿Qué celda debería durar más, A o B?

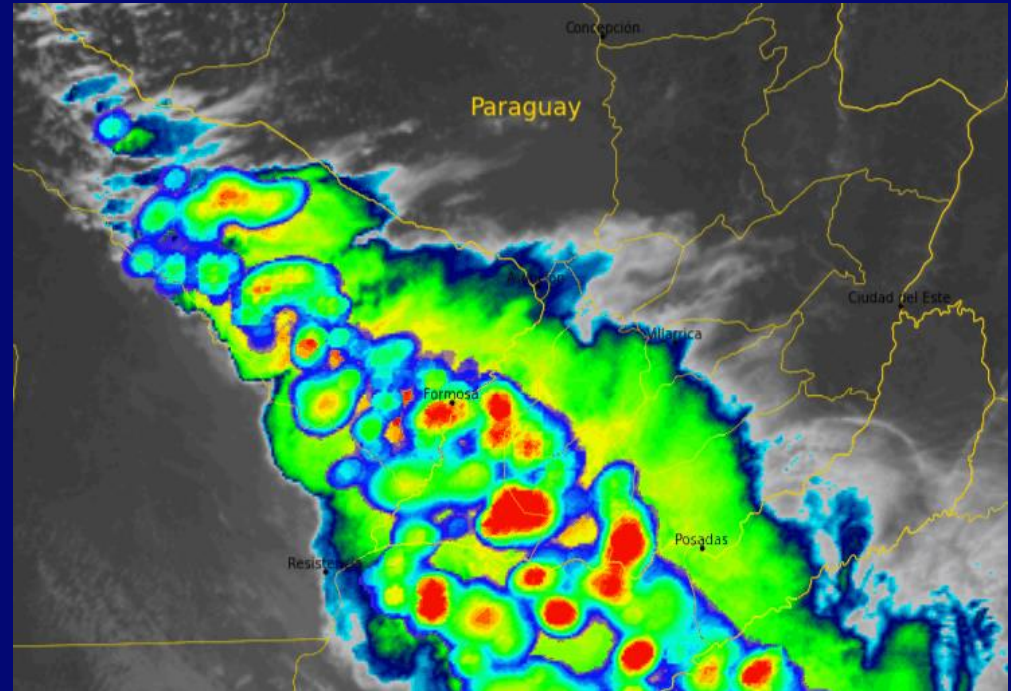


LJ muestra intensificación continua de las tormentas

Caso Asunción, 26 de octubre de 2022

Densidad de rayos del GLM
(Group Count Flash Density)

- El incremento continuo en las celdas que se aproximan a Asunción e incremento posterior a lo largo de toda la línea muestra una intensificación del tiempo severo con este sistema.



LJ muestra intensificación continua de las tormentas

Caso Asunción, 26 de octubre de 2022

