



## Taller Virtual de Análisis Sinóptico en Sudamérica.

# Sistema de convectivo de mesoescala

*Caso de estudio*  
*28/10/2023*

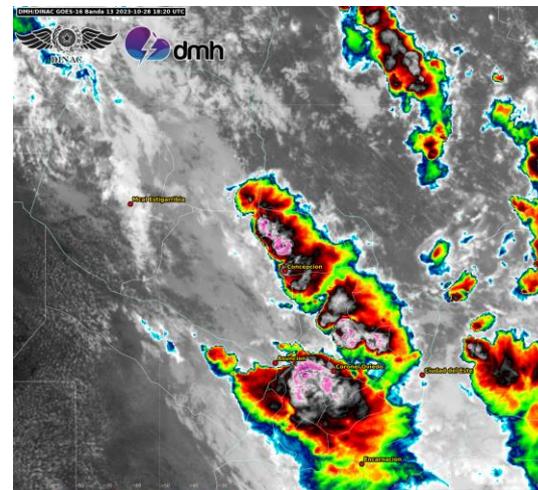
**Pronosticadora:** Aracely Fernández.

*aracely.fernandez@meteorologia.gov.py*

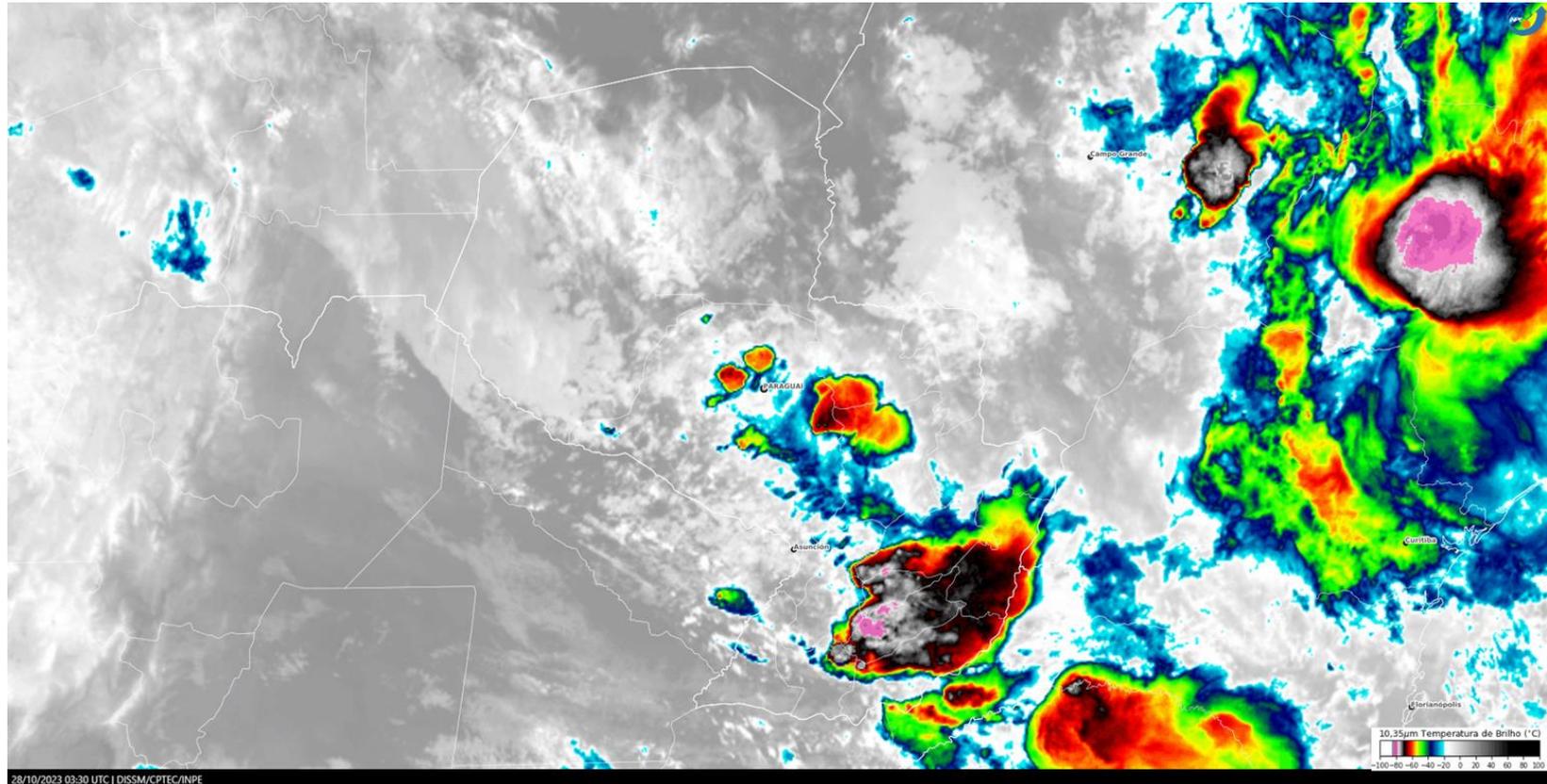
25 de enero  
2024

# Introducción

- Entre los días 27 y 28 de octubre del 2023, sistemas de tormentas afectaron de manera sucesiva a gran parte del territorio paraguayo, en especial el centro, sur y este del país.
- Se reportaron caída de granizos, inundaciones repentinas y la ocurrencia de un tornado en la localidad de *Mbokajaty del Yhaguy*, ubicado en el departamento de Cordillera.
- El tornado de *Mbokajaty del Yhaguy* se categorizó entre un **F1** y **F2** en la escala de Fujita, con vientos de entre **180 y 200 km/h**.
- Según reportes de la ciudadanía, se estima que tuvo lugar aproximadamente a las 16:00 H.O.P. (19Z) y tuvo una duración de **3 a 4 minutos**.
- Se reportó el fallecimiento de una persona y aproximadamente 30 familias afectadas por daños materiales.



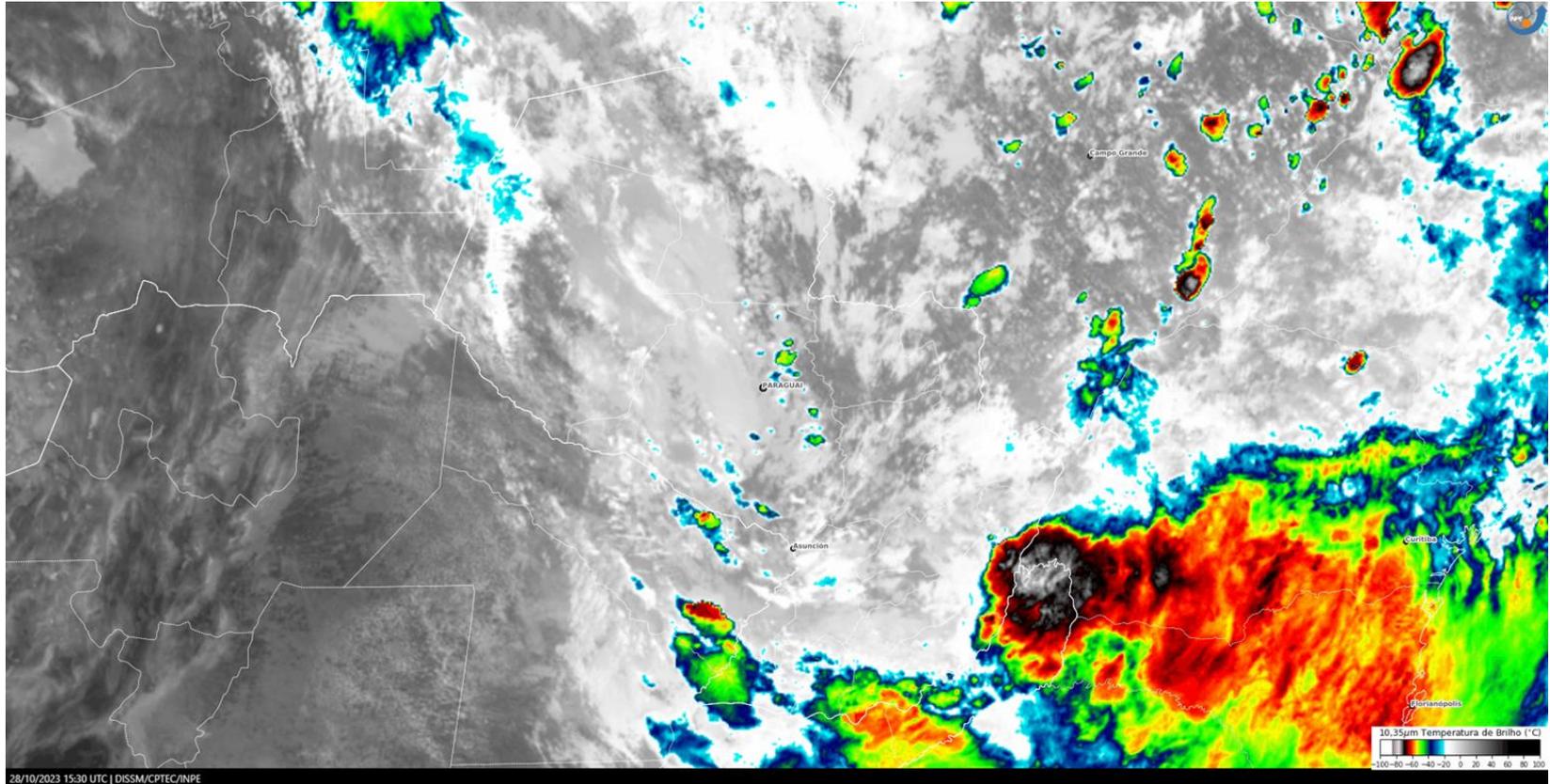
# Introducción



Sistema de tormentas previo.

**Fuente:** CPTEC INPE. <https://www.cptec.inpe.br/dsat/>

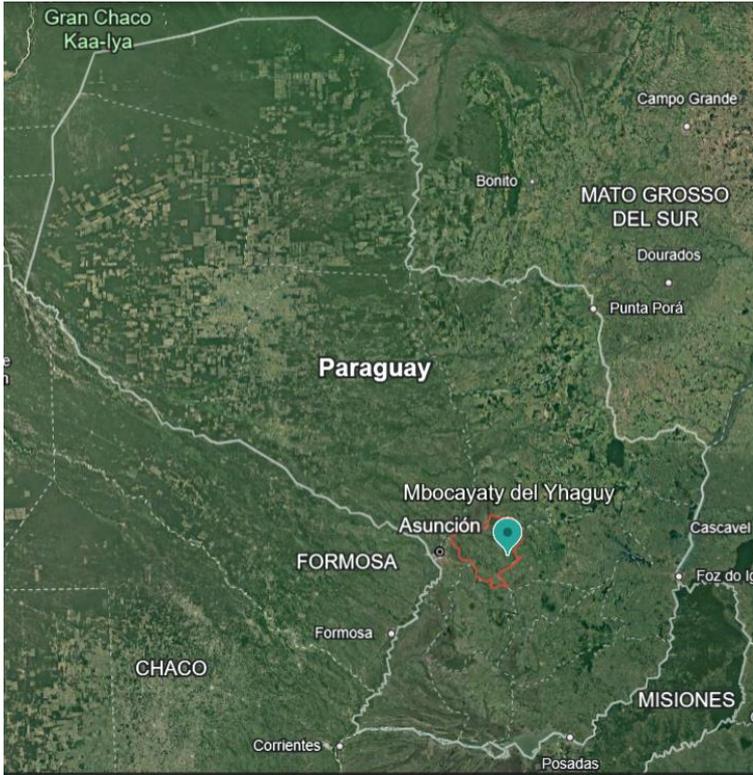
# Introducción



Sistema de tormentas con el cual se desarrolló el tornado.

**Fuente:** CPTEC INPE. <https://www.cptec.inpe.br/dsat/>

# Introducción



- Mbokajaty del Yhaguy se ubica a aproximadamente 105 km de la ciudad de Asunción (Capital).

Trayectoria del Tornado de Mbokajaty del Yhaguy.

- Recorrido de ~ 11.6 km.

# Análisis sinóptico

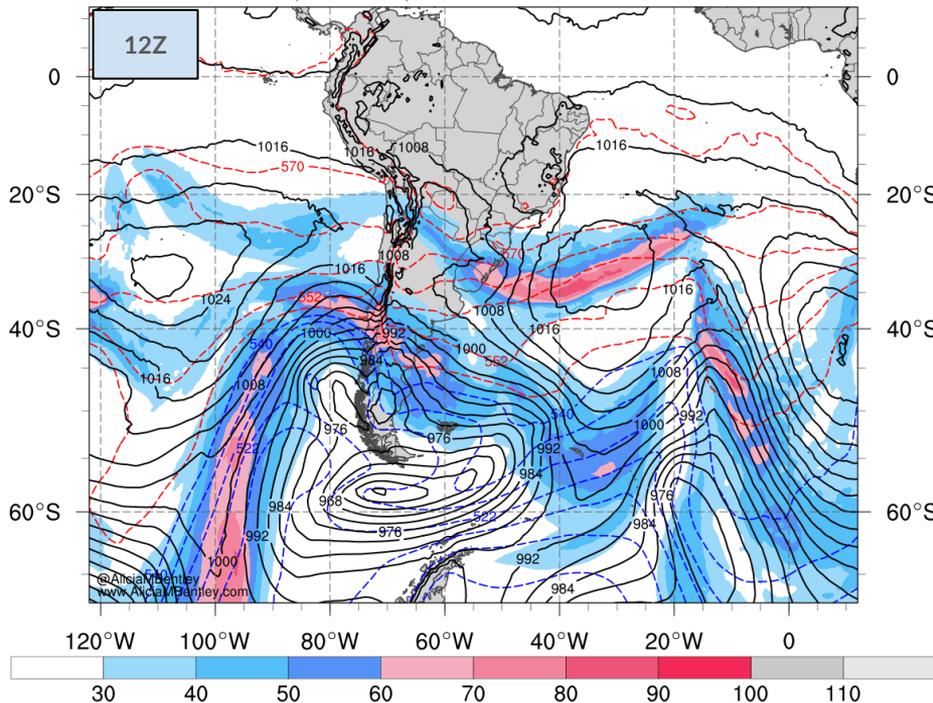


## Variables observadas y niveles altos

Variables observadas: presión al nivel medio del mar [hPa] (contorno negro). Espesor 1000/500 [dam] (contorno azul/rojo). Viento en 250 hPa [m/s] (sombreado)

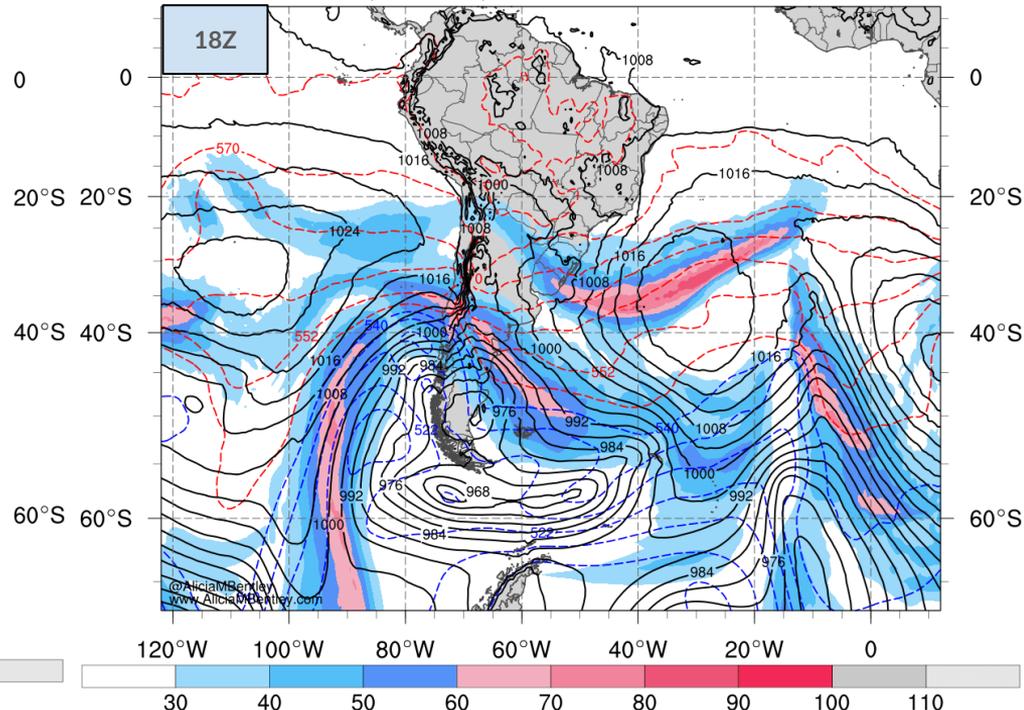
MSLP (black, hPa), 1000-500-hPa thickness (red/blue, dam), 250-hPa wind speed (shaded, m/s)

Initialized: 1200 UTC 28 Oct 2023 | Forecast hour: 0 | Valid: 1200 UTC 28 Oct 2023



MSLP (black, hPa), 1000-500-hPa thickness (red/blue, dam), 250-hPa wind speed (shaded, m/s)

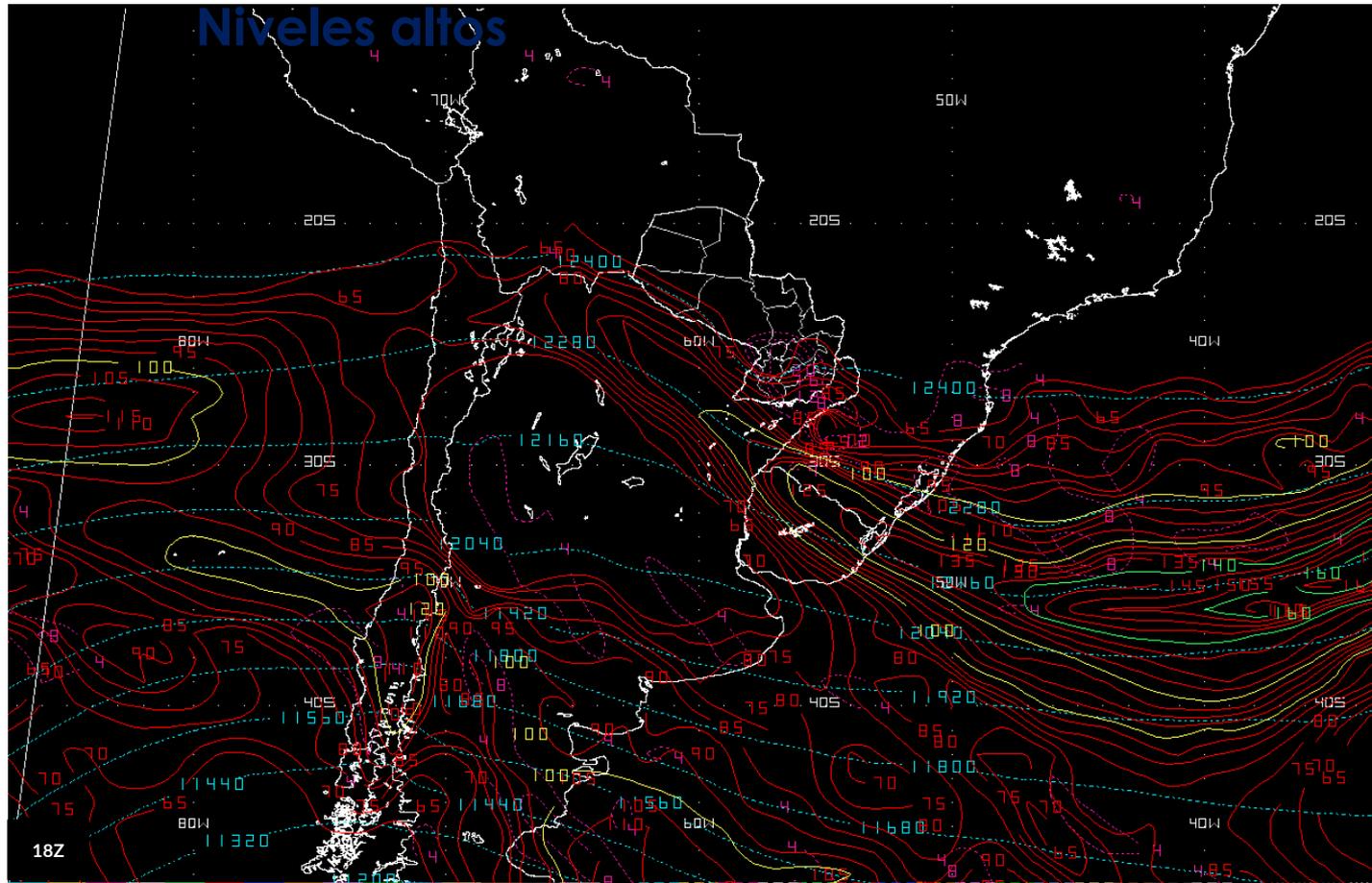
Initialized: 1800 UTC 28 Oct 2023 | Forecast hour: 0 | Valid: 1800 UTC 28 Oct 2023



# Análisis sinóptico



## Niveles altos

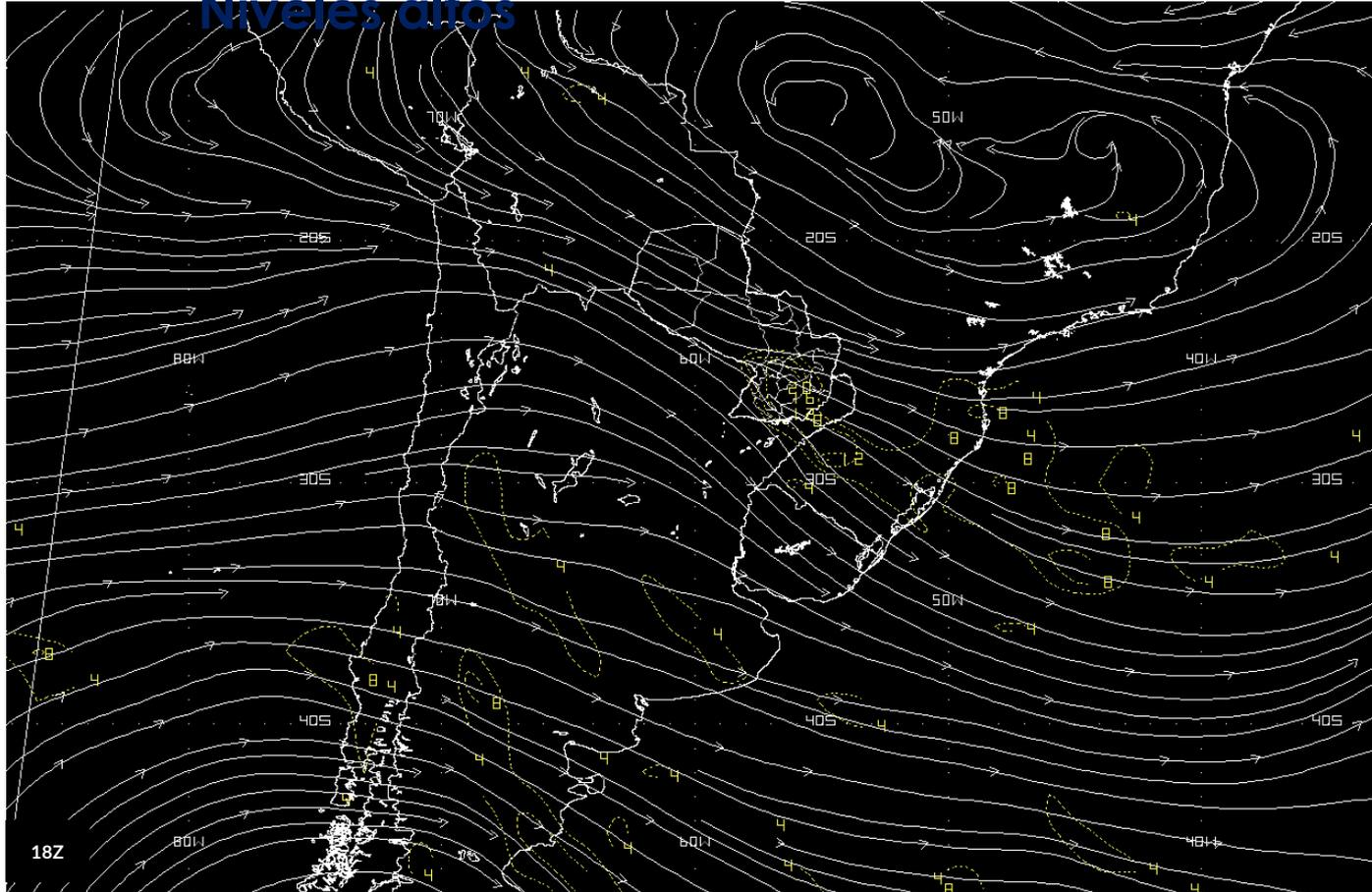


Variables observadas: Jet en altura y áreas divergentes, 18Z.

# Análisis sinóptico



## Niveles altos



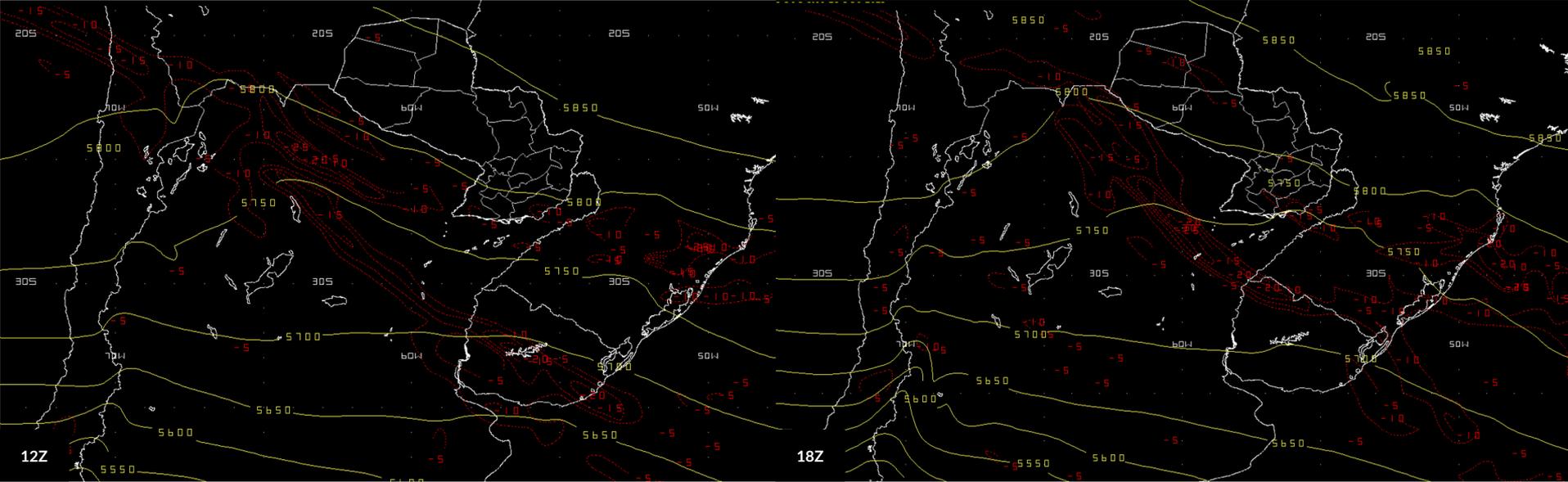
### Variables observadas:

Líneas de corriente y  
divergencia en 200 hPa,  
18Z.

# Análisis sinóptico

## Niveles medios

Variables observadas: altura geopotencial en 500 hPa.

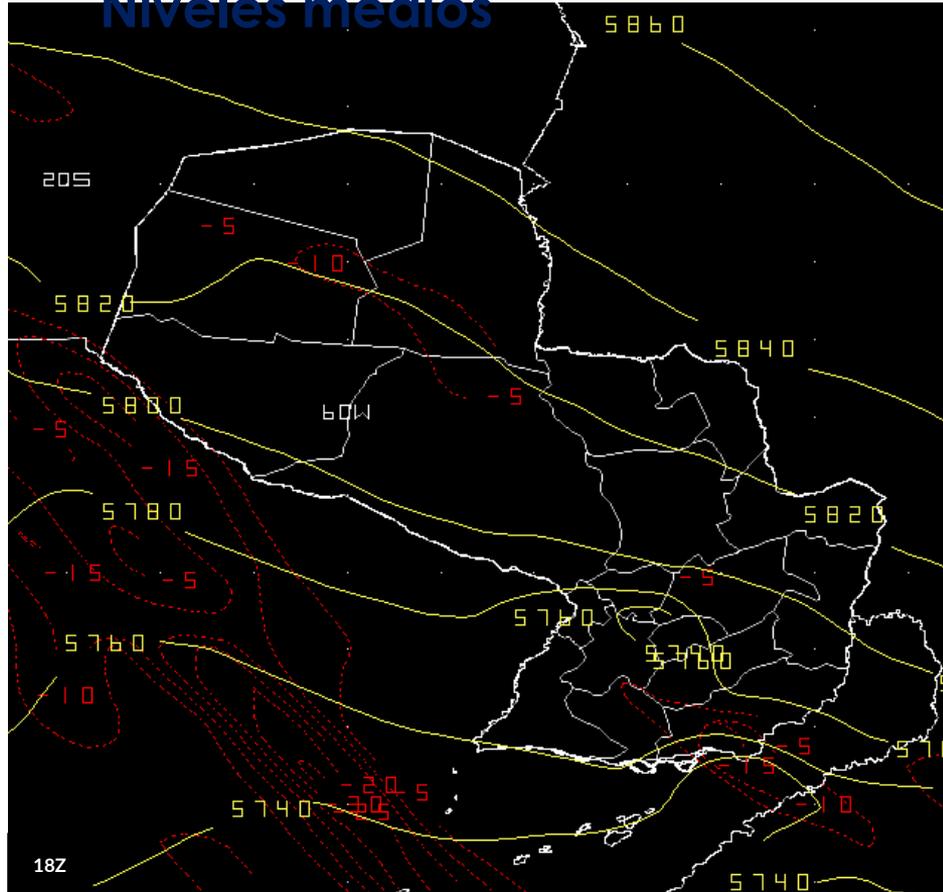


Altura geopotencial en 500 hPa. (12Z)

Altura geopotencial en 500 hPa. (18Z)

# Análisis sinóptico

## Niveles medios



**Variables observadas:** altura geopotencial en 500 hPa, 18Z.

- Un centro de Baja se cierra en la zona de ocurrencia del tornado.

# Análisis sinóptico

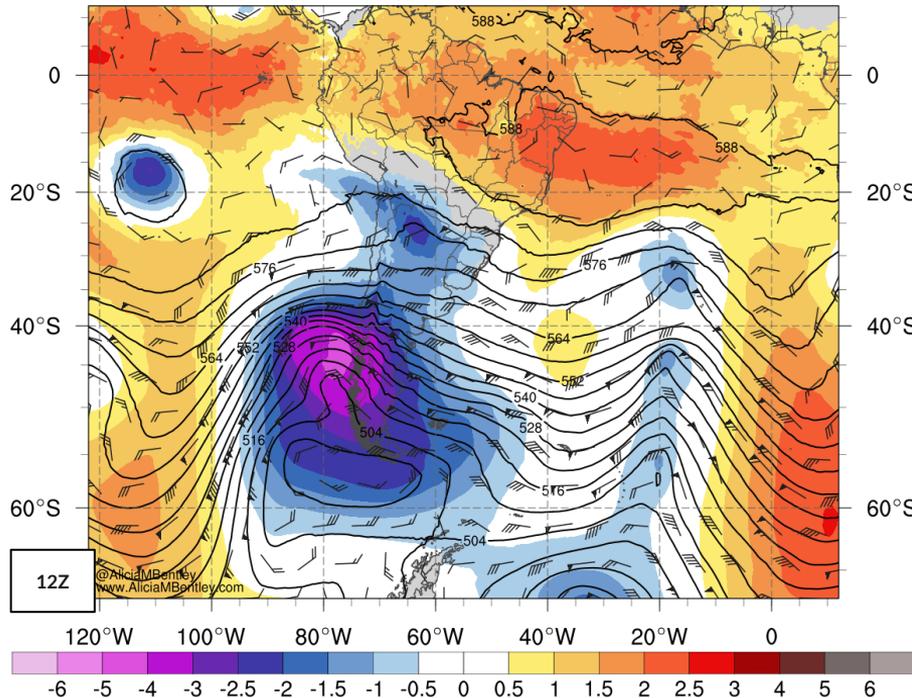


## Variables observadas Niveles medios

Altura geopotencial en 500 hPa [dam] (contorno negro). Anomalia estandarizada en la altura geopotencial en 500 hPa (sombreado). Viento en 500 hPa [kt] (barbas)

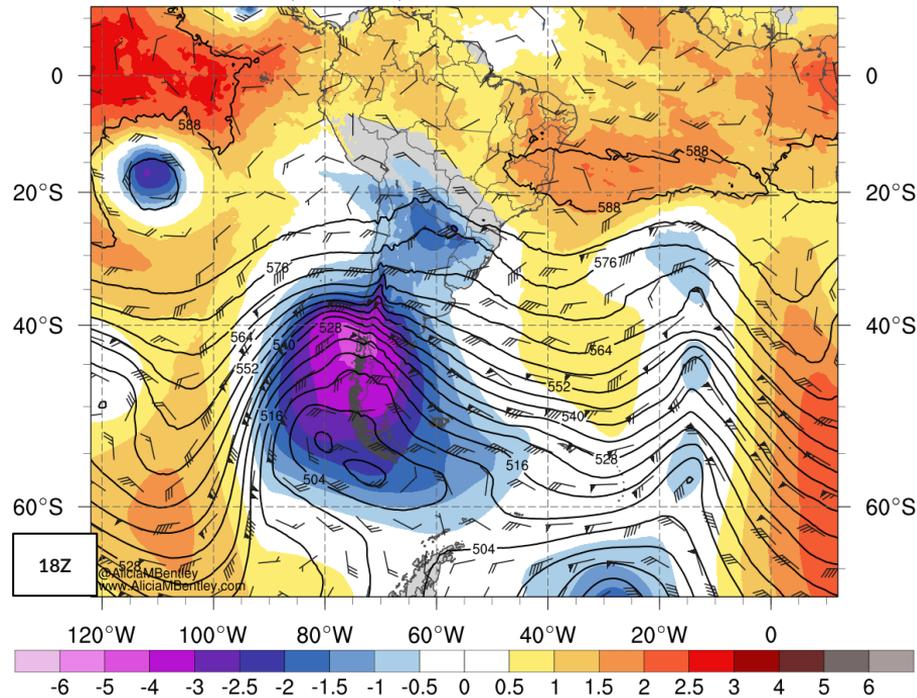
500-hPa geo. height (black, dam), wind (barbs, kt), standardized geo. height anomaly (shaded, sigma)

Initialized: 1200 UTC 28 Oct 2023 | Forecast hour: 0 | Valid: 1200 UTC 28 Oct 2023



500-hPa geo. height (black, dam), wind (barbs, kt), standardized geo. height anomaly (shaded, sigma)

Initialized: 1800 UTC 28 Oct 2023 | Forecast hour: 0 | Valid: 1800 UTC 28 Oct 2023

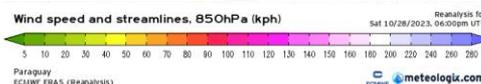
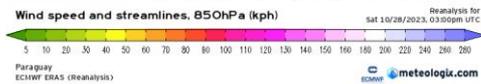
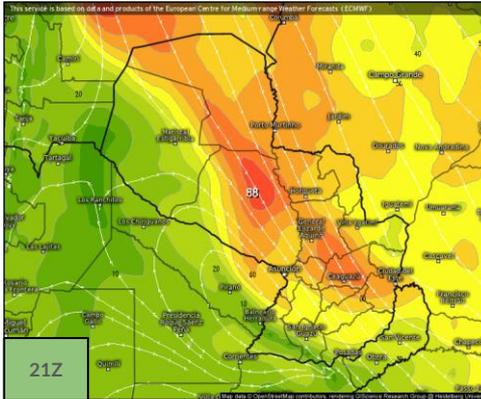
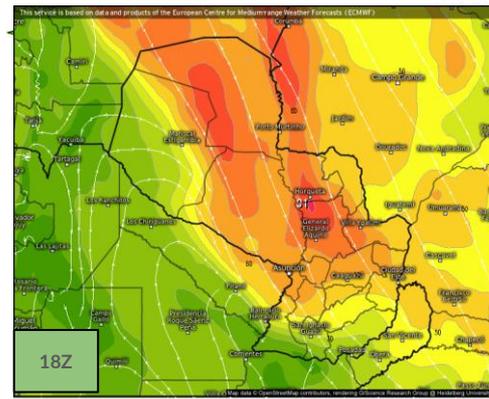
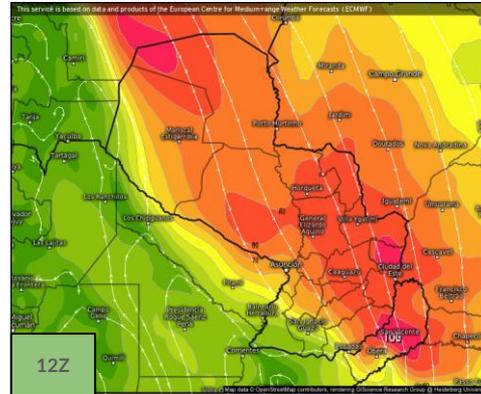
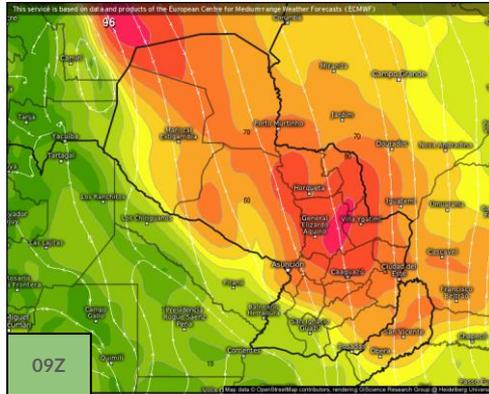


# Análisis sinóptico



## Variables observadas y niveles bajos

Variables observadas y niveles bajos del viento [km/h] y líneas de corriente en 850 hPa.

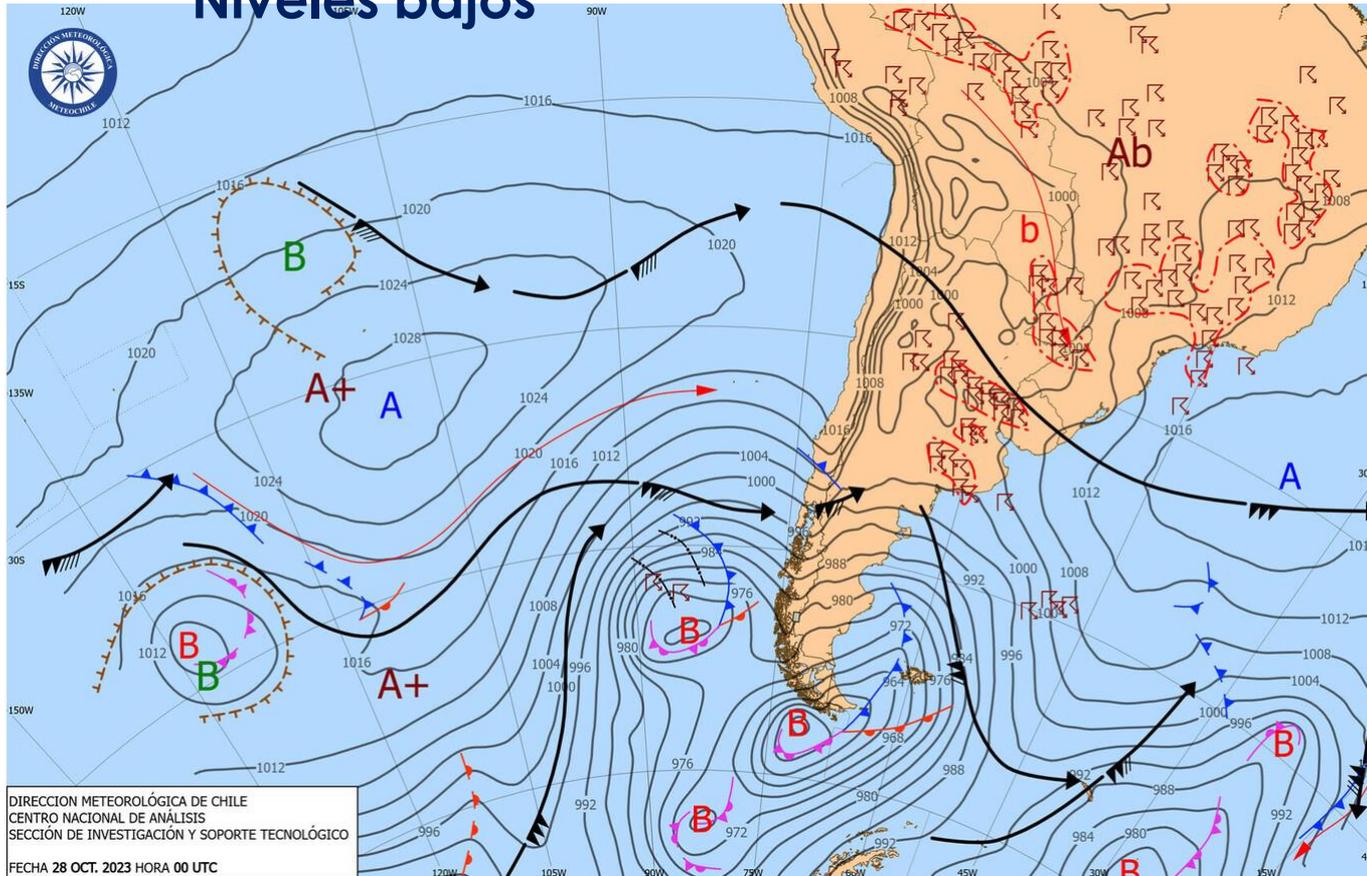


- LLJ acelerado, con un núcleo máximo de 90 km/h sobre Paraguay.

Fuente: Meteologix. Reanalysis ERA5. <https://meteologix.com/py/reanalysis>

# Análisis sinóptico

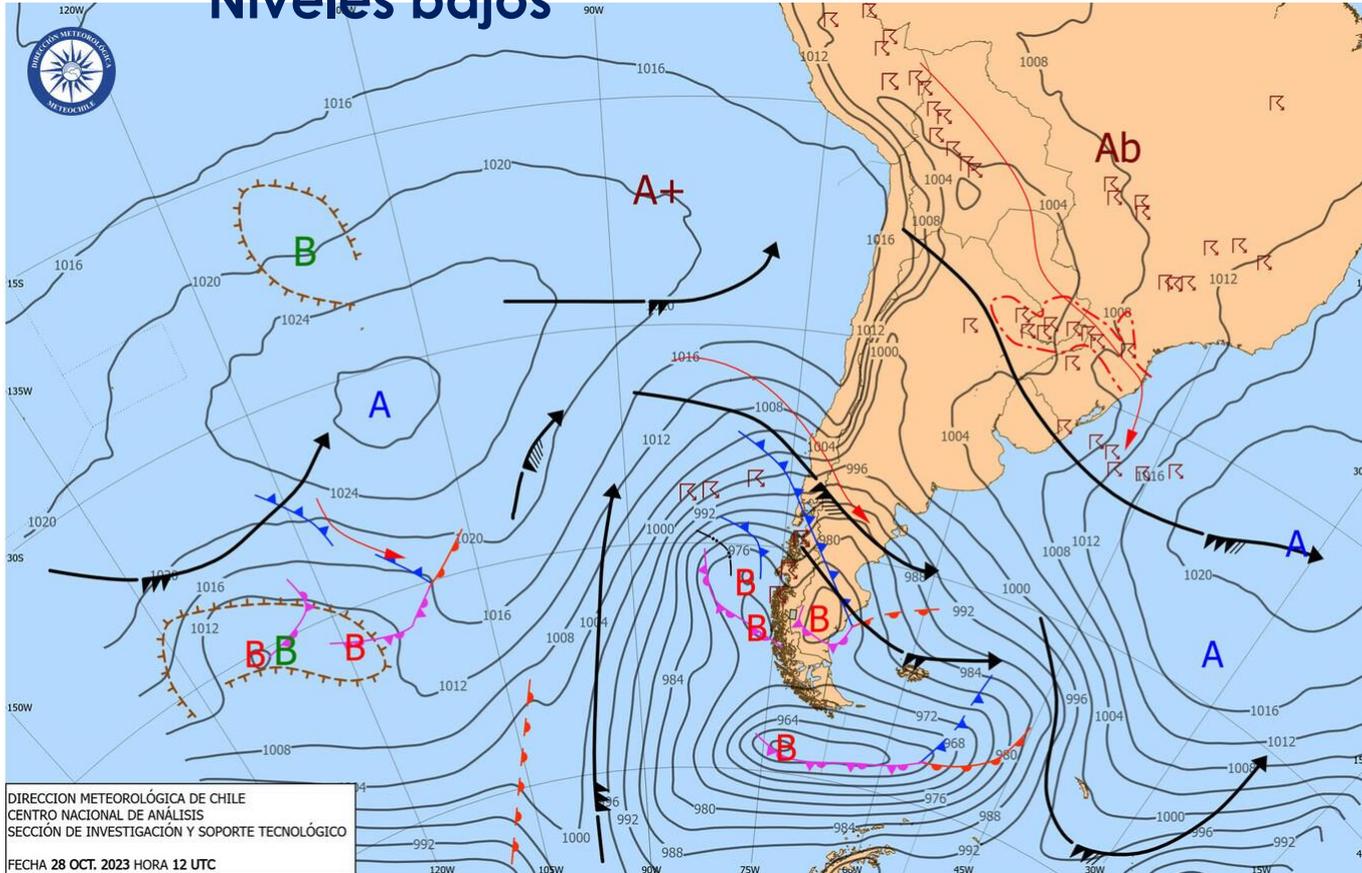
## Niveles bajos



- Carta sinóptica donde se observa la profundización de la Baja.

# Análisis sinóptico

## Niveles bajos



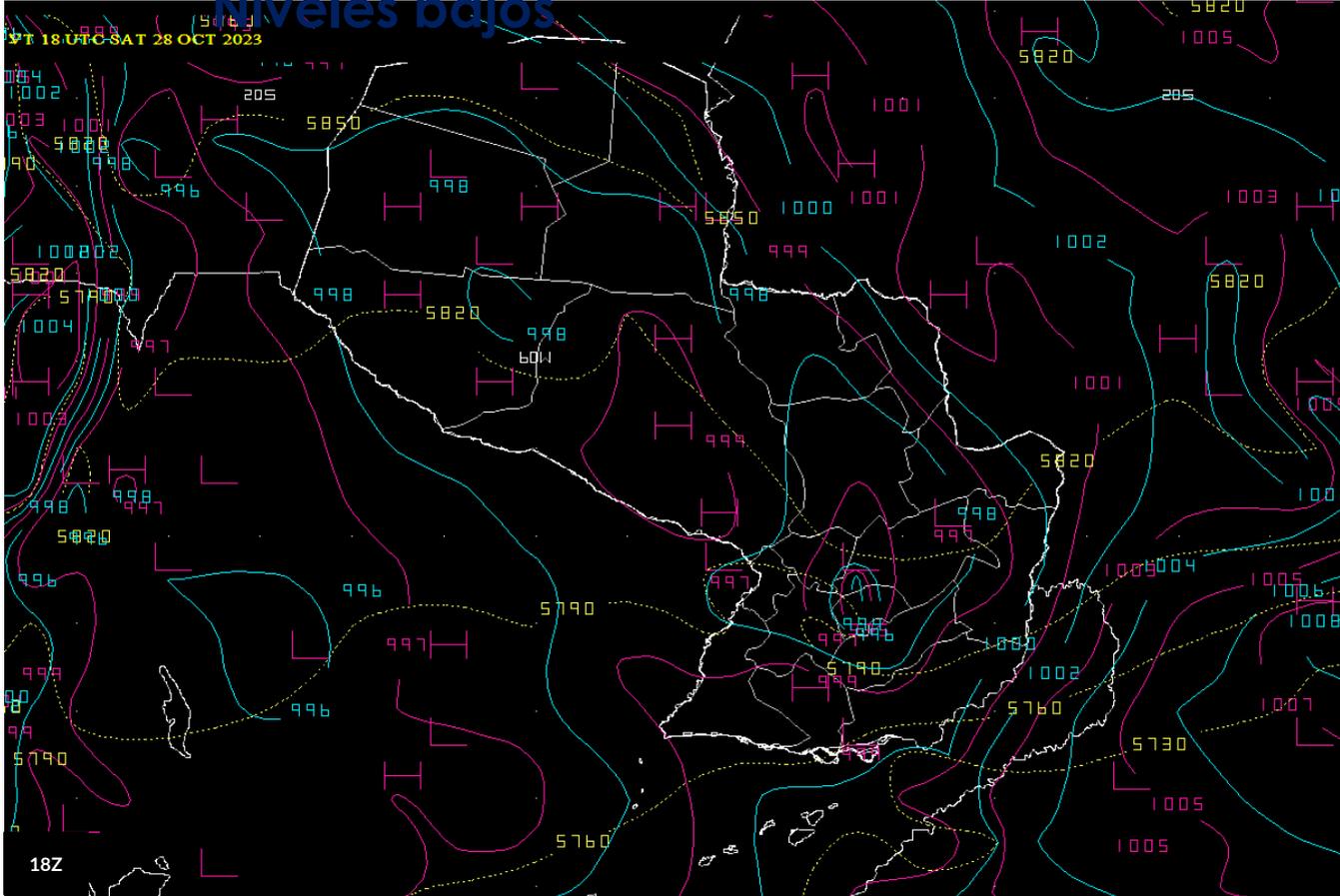
- Carta sinóptica donde se observa la profundización de la Baja.

Fuente: Dirección meteorológica de Chile.

<https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/mensualb/visorCartasSuperficie/2023/10>

# Análisis sinóptico

## Niveles bajos



### Variables observadas:

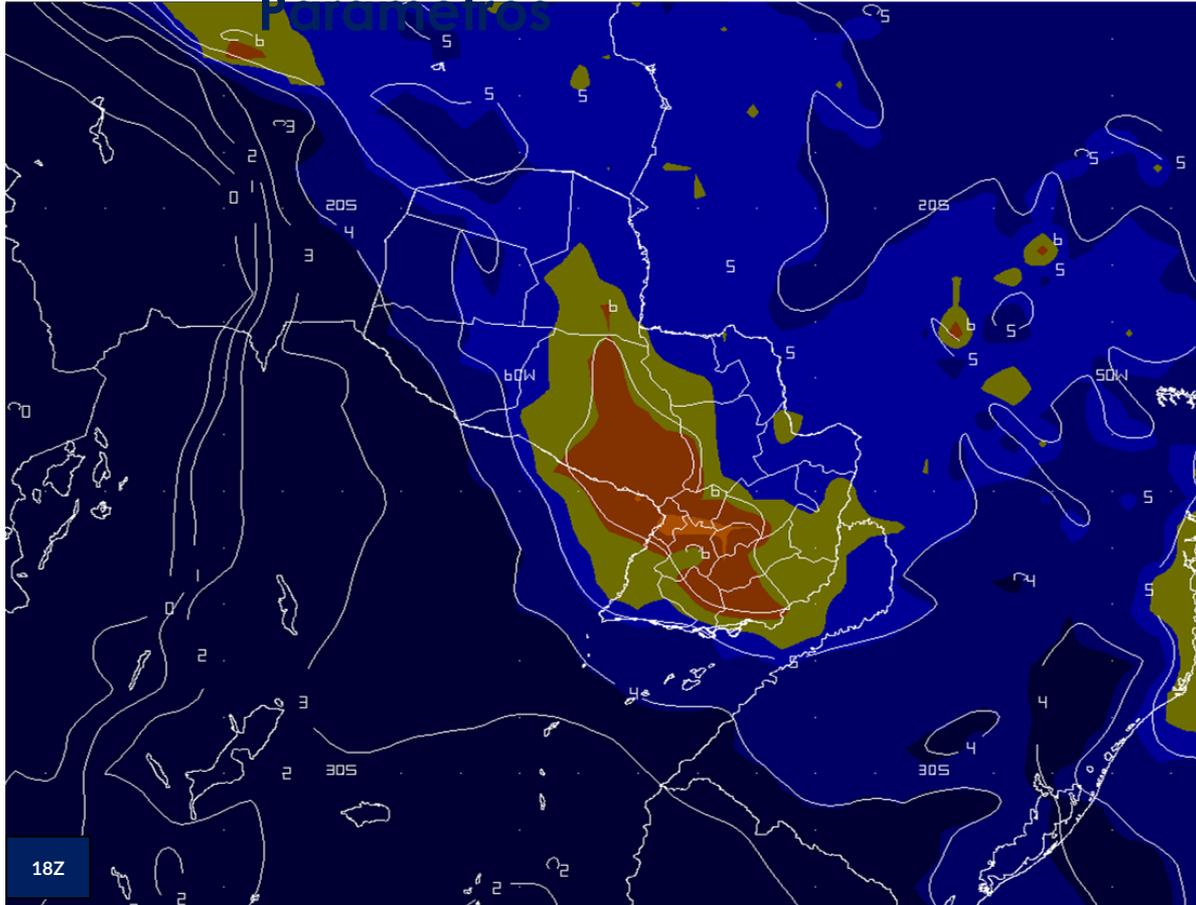
Isobaras al nivel medio del mar, espesor 1000/500, 18Z.

- Centro de baja presión se profundiza, alcanzando valores de hasta 994 hPa.

# Análisis sinóptico



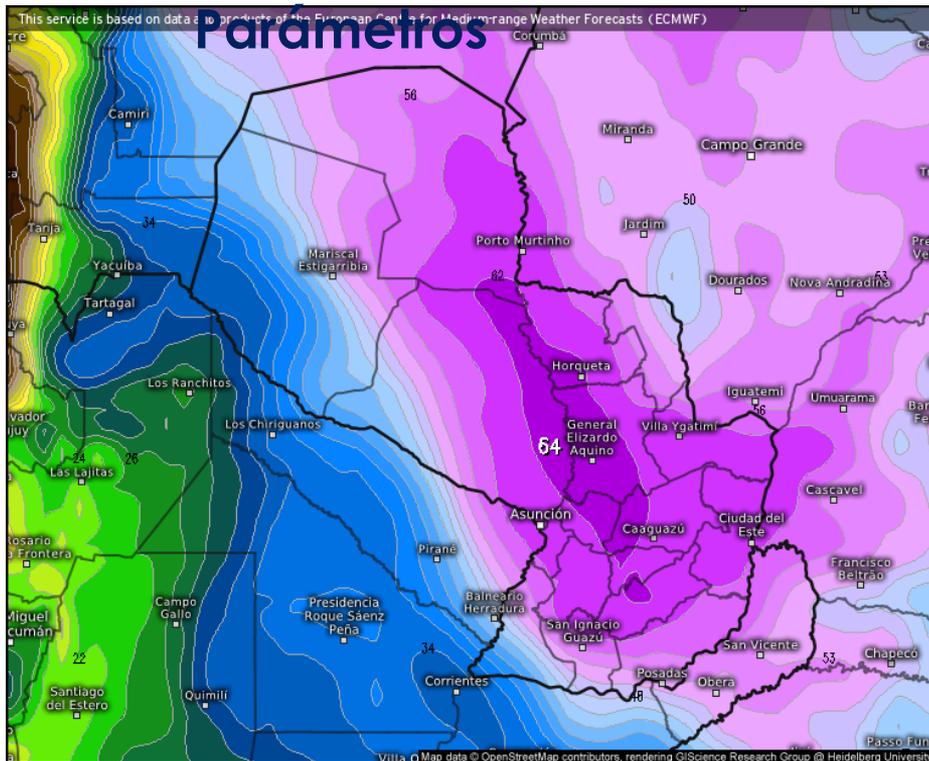
## Parámetros



**Variable observada:** agua precipitable, 18Z.

- Alto contenido de agua precipitable en la columna. Valores de hasta 60 mm.

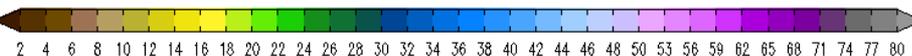
# Análisis sinóptico



18Z

Entire Atmosphere Precipitable Water (mm)

Reanalysis for Sat 10/28/2023, 09:00pm UTC



Paraguay  
ECMWF ERA5 (Reanalysis)

ECMWF meteologix.com

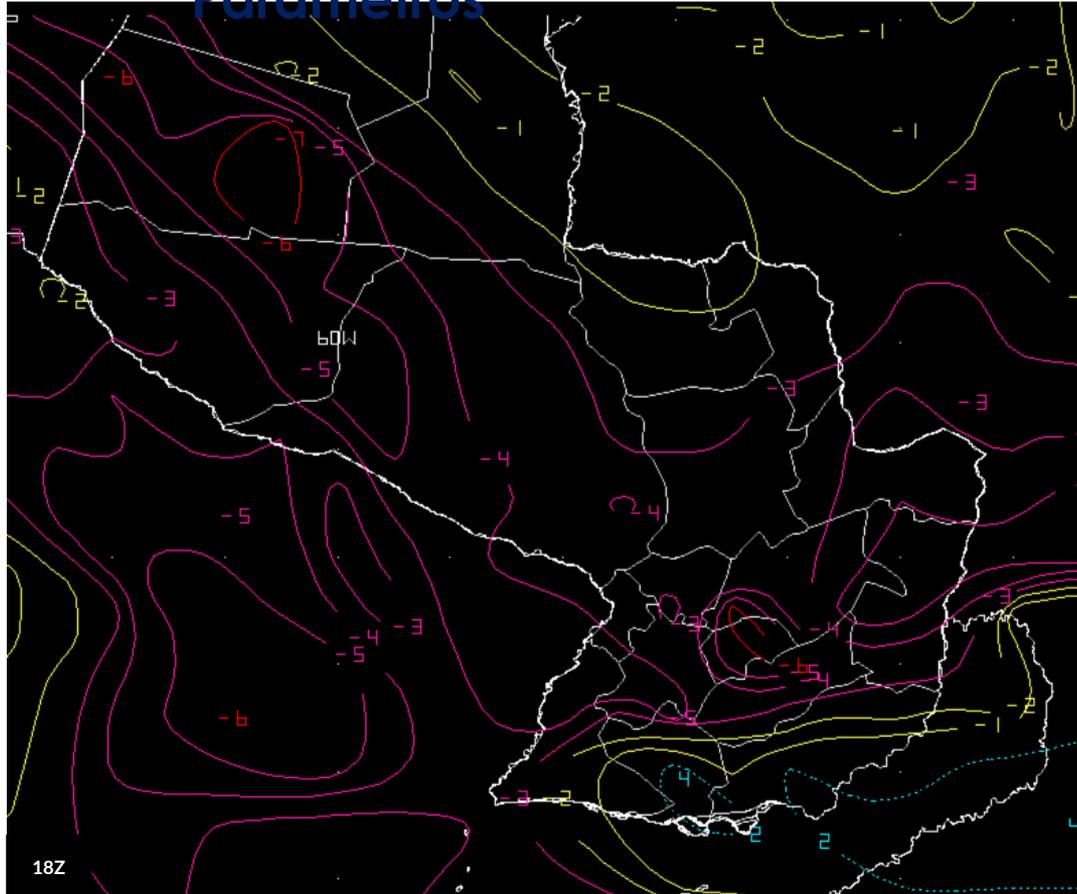
**Variable observada:** agua precipitable, 18Z.

- Alto contenido de agua precipitable en la columna atmosférica. Valores de entre 60 y 65 mm.

Fuente: Meteologix. Reanalysis ERA5. <https://meteologix.com/py/reanalysis>

# Análisis sinóptico

## Parámetros

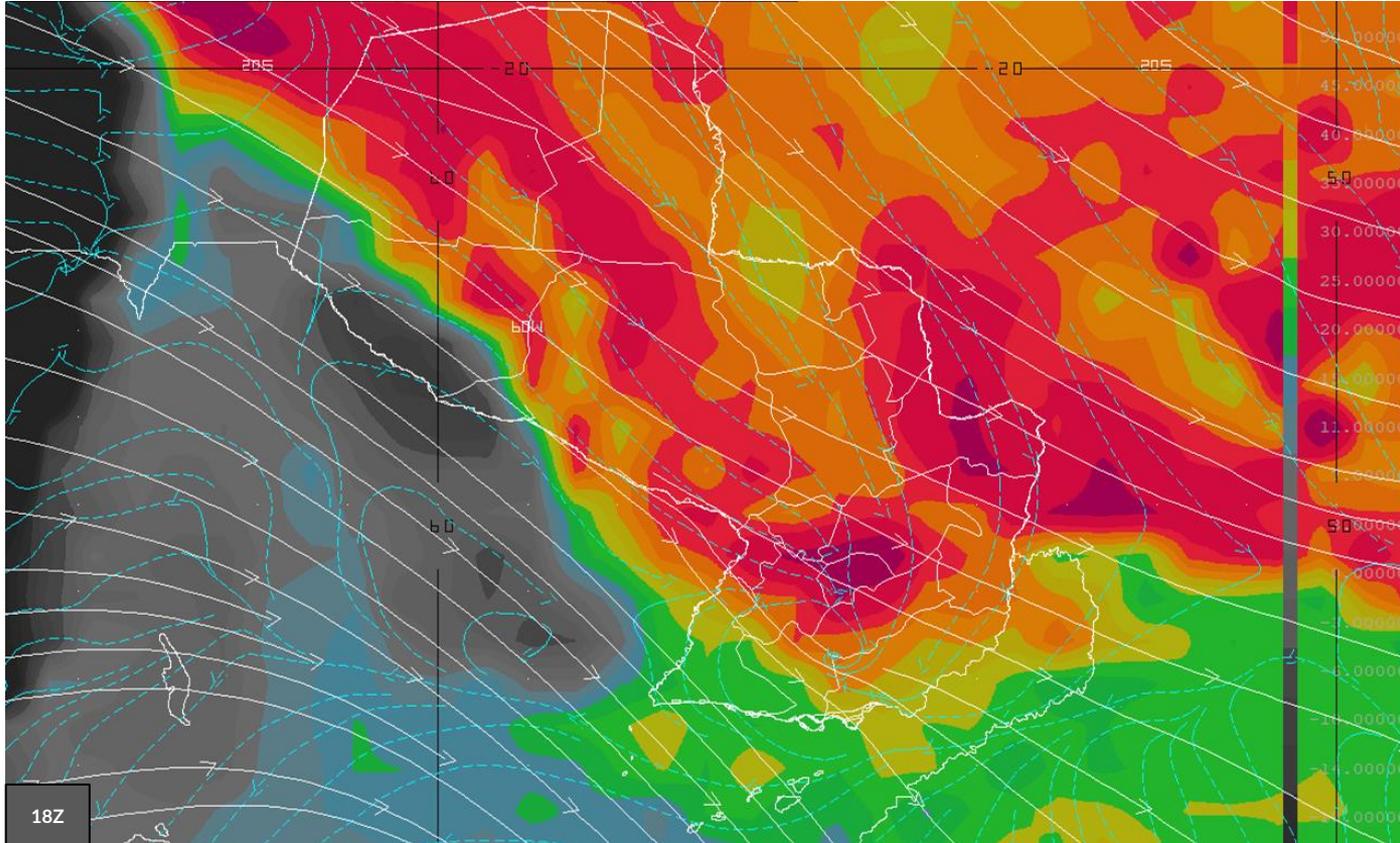


**Variable observada:** índice lifted, 18Z.

- Valores del índice lifted de hasta -6, en el área en cuestión.

# Análisis sinóptico

## Parámetros

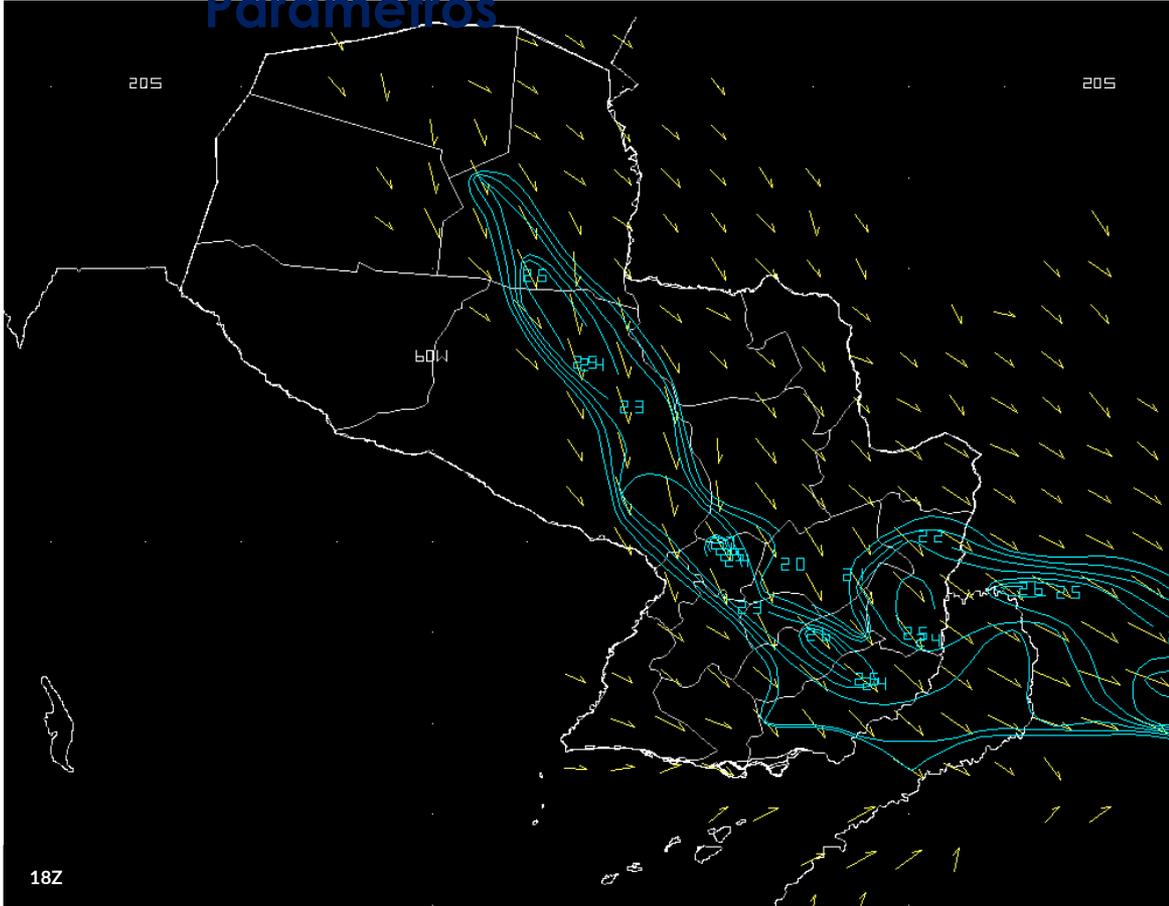


**Variable observada:**  
índice gdi, 18Z.

- Valores de gdi de hasta 50

# Análisis sinóptico

## Parámetros

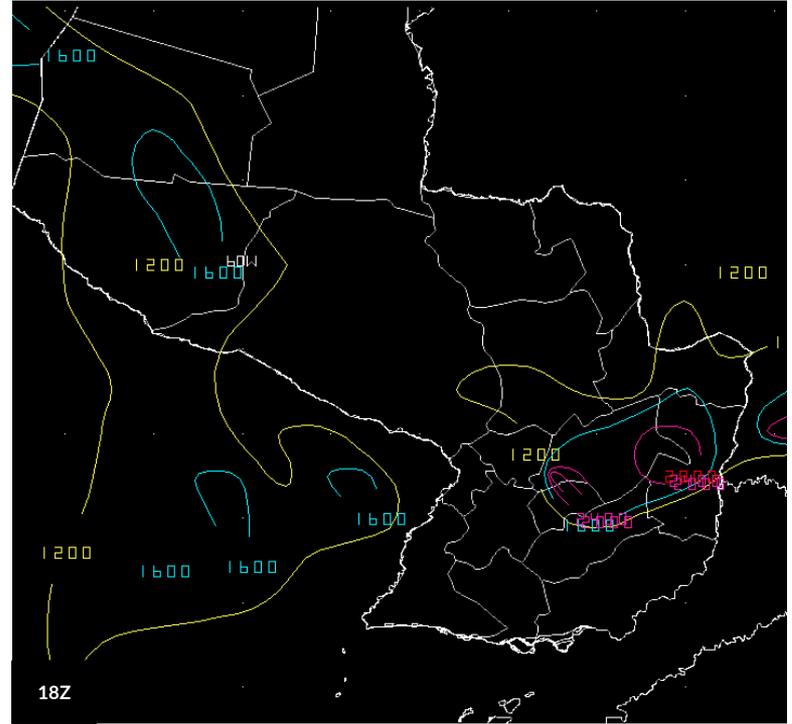
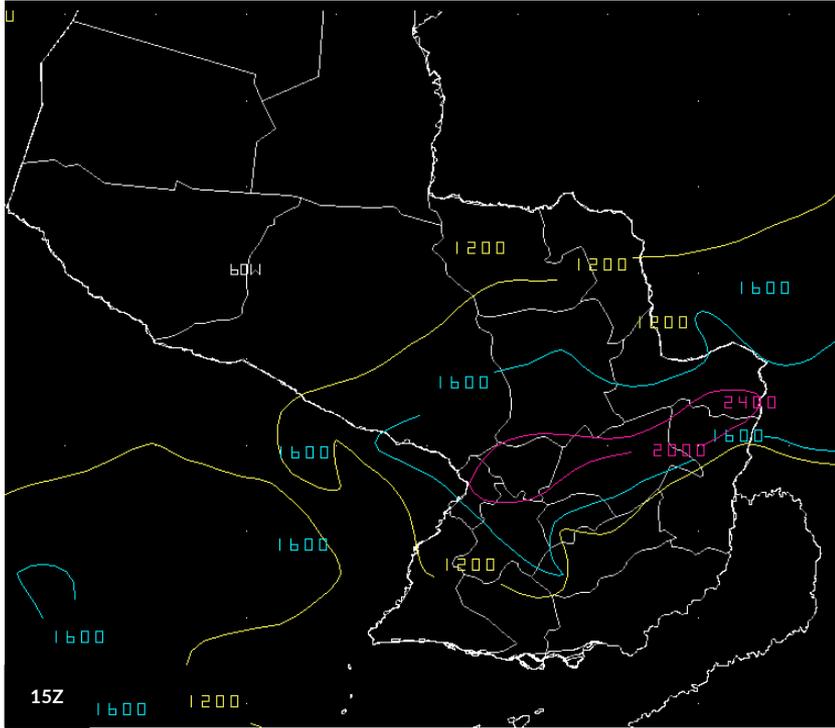


**Variable observada:**  
cizalladura en la capa de  
0-3km, 18Z.

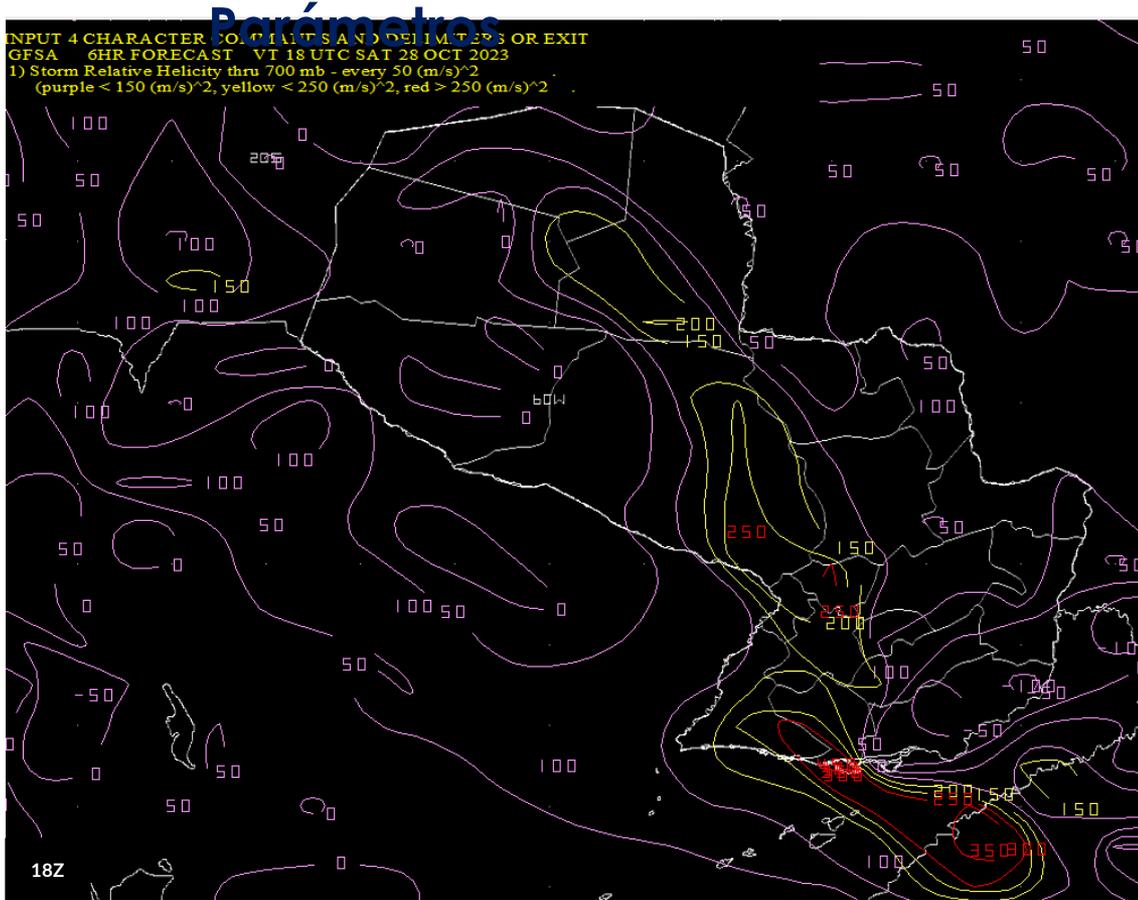
- Altos valores de cizalladura en la capa de 0-3km.
- ~ 20 a 26 m/s.

# Análisis sinóptico

Variables observadas **Parámetros** del CNE.



# Análisis sinóptico



## Variable observada:

helicidad (0-3km), 18Z.

- Valores de helicidad en torno a 200 - 250 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> en el área en cuestión.

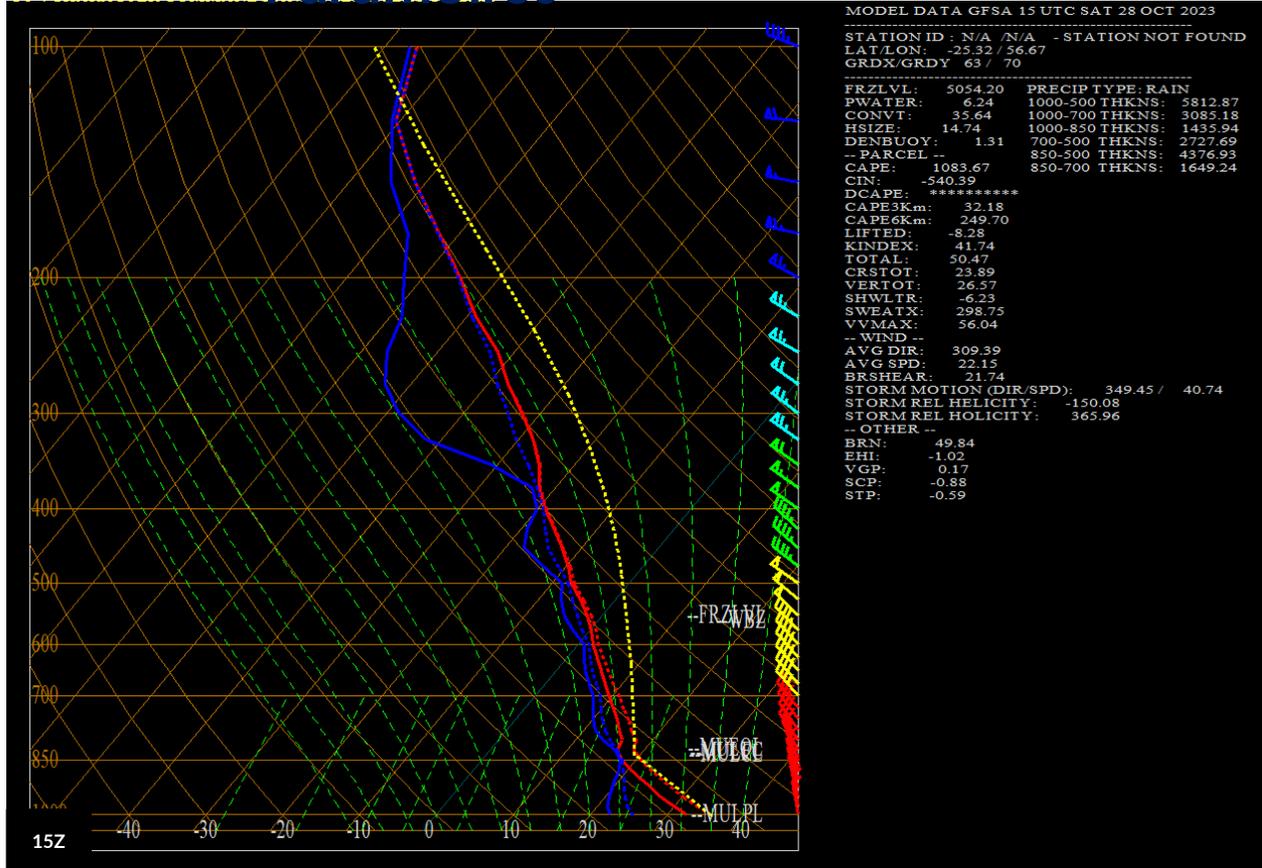
**SRH:** Storm-Relative Helicity is a measure of the potential for cyclonic updraft rotation in right-moving supercells.

... larger values of 0-3 km SRH (greater than 250 m<sup>2</sup>s<sup>-2</sup>) and 0-1 km SRH (greater than 100 m<sup>2</sup>s<sup>-2</sup>) do suggest an increased threat of tornadoes with supercells.

**Fuente:** <https://www.spc.noaa.gov/exper/mesoanalysis/help/begin.html>

# Análisis sinóptico

## Parámetros

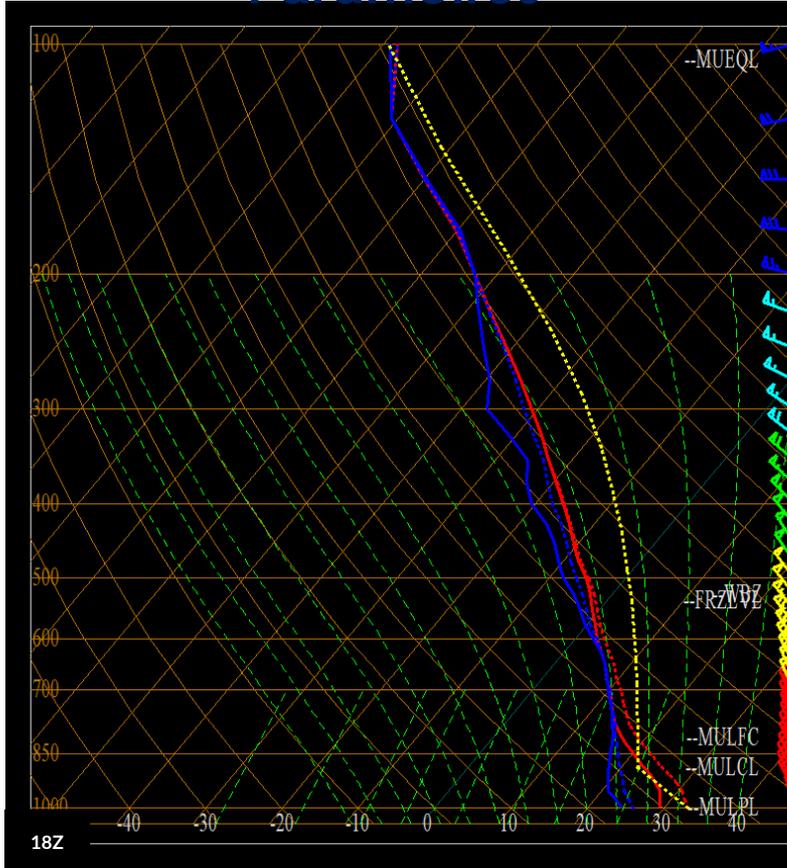


**Variable observada:**  
diagrama skew-t, 15Z.

- Helicidad ~ 150 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>.
- VGP ~ 0.17 m/s<sup>2</sup>
- CAPE ~ 1083 J/kg
- Lifted ~ -8
- Showalter ~ -6

# Análisis sinóptico

## Parámetros



MODEL DATA GFSA 18 UTC SAT 28 OCT 2023

STATION ID : N/A /N/A - STATION NOT FOUND  
LAT/LON: -25.32 /56.67  
GRDX/GRDY 63 / 70

|                         |                |                         |
|-------------------------|----------------|-------------------------|
| FRZLVZ:                 | 5272.75        | PRECIP TYPE: RAIN       |
| DWATER:                 | 6.87           | 1000-500 THKNS: 5769.33 |
| CONVT:                  | 37.25          | 1000-700 THKNS: 3035.28 |
| HSIZE:                  | 32.97          | 1000-850 THKNS: 1384.99 |
| DENBUOY:                | 1.35           | 700-500 THKNS: 2734.05  |
| - PARCEL --             |                | 850-500 THKNS: 4384.34  |
| CAPE:                   | 1093.37        | 850-700 THKNS: 1650.29  |
| CIN:                    | -363.35        |                         |
| DCAPE:                  | *****          |                         |
| CAPE3km:                | 37.87          |                         |
| CAPE6km:                | 233.26         |                         |
| LIFTED:                 | -7.44          |                         |
| KINDEX:                 | 42.04          |                         |
| TOTAL:                  | 46.78          |                         |
| CRSTOT:                 | 20.70          |                         |
| VERTOT:                 | 26.08          |                         |
| SHWTR:                  | -3.58          |                         |
| SWEATX:                 | 268.81         |                         |
| VVMAX:                  | 83.82          |                         |
| -- WIND --              |                |                         |
| AVG DIR:                | 313.27         |                         |
| AVG SPD:                | 22.46          |                         |
| BRSSHEAR:               | 27.67          |                         |
| STORM MOTION (DIR/SPD): | 351.41 / 43.22 |                         |
| STORM REL HELICITY:     | -113.75        |                         |
| STORM REL HOLICITY:     | 410.77         |                         |
| -- OTHER --             |                |                         |
| BRN:                    | 39.52          |                         |
| EHI:                    | -0.78          |                         |
| VGP:                    | 0.21           |                         |
| SCP:                    | -0.86          |                         |
| STP:                    | -0.63          |                         |

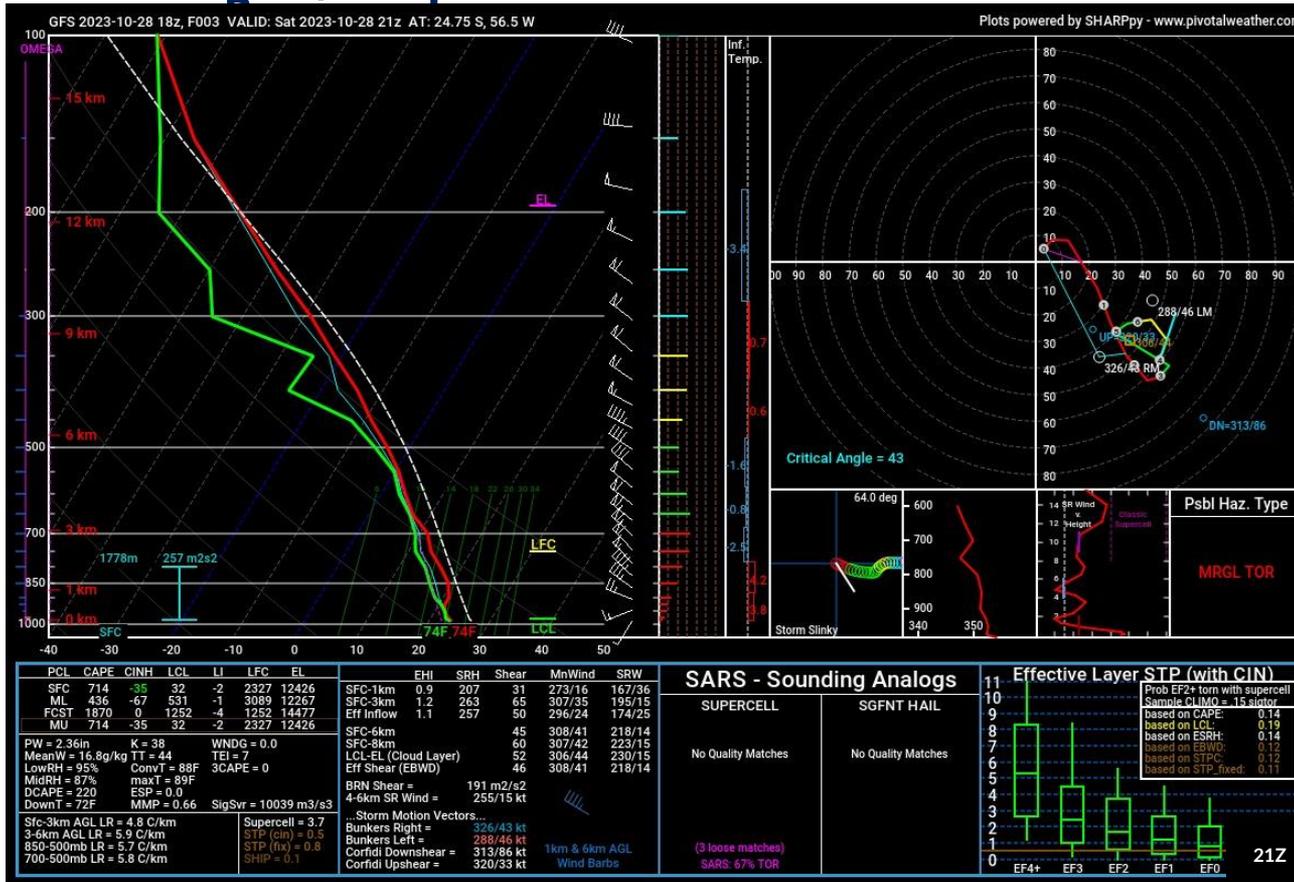
### Variable observada: diagrama skew-t, 18Z.

- Helicidad ~ 113 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>.
- VGP ~ 0.21 m/s<sup>2</sup>
- CAPE ~ 1093 J/kg
- Lifted ~ -7
- Showalter ~ -3

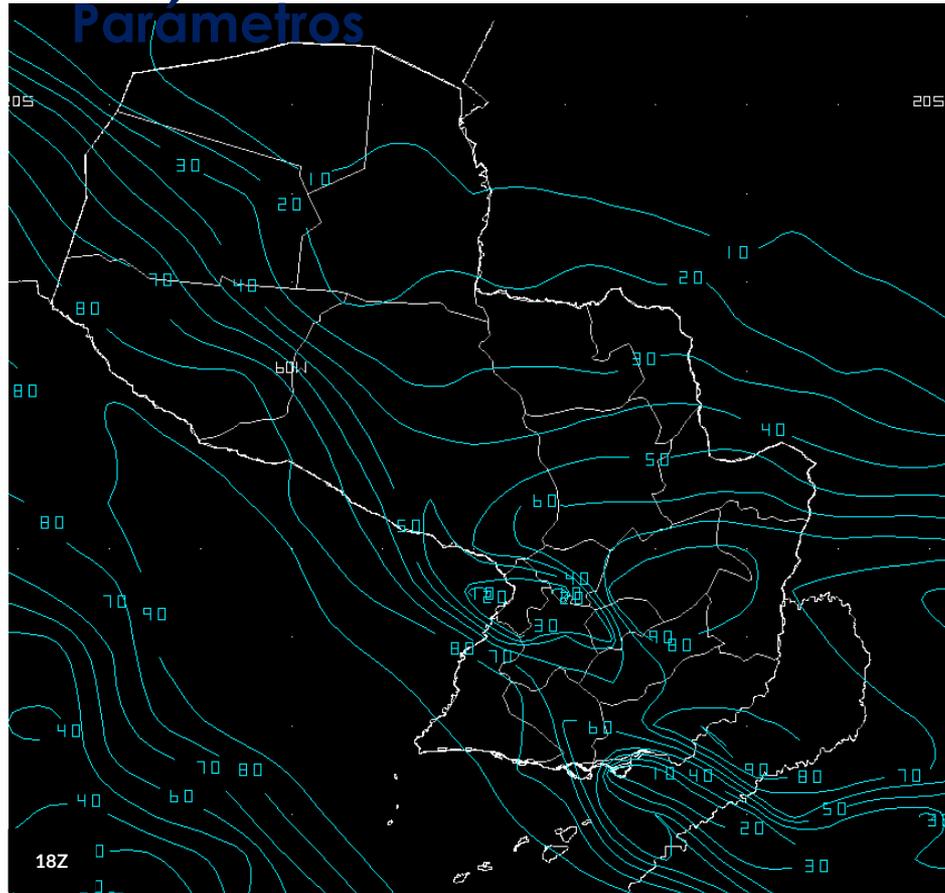
**VGP:** Vorticity Generation Parameter, is meant to estimate the rate of tilting and stretching of horizontal vorticity by a thunderstorm updraft. Values greater than 0.2 suggest an increasing possibility of tornadic storms.

**Fuente:** <https://www.spc.noaa.gov/exper/meoanalysis/help/begin.html>

# Análisis sinóptico



# Análisis sinóptico



**Variable observada:** mcsprob,  
18Z.

- Alta probabilidad de desarrollo de un SCM.

# Lo ocurrido...



**DIRECCIÓN DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA**  
 GERENCIA DE PRONÓSTICOS METEOROLÓGICOS  
 DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS Y PREDICCIÓN DEL TIEMPO  
**BOLETÍN ESPECIAL**

**GOBIERNO del PARAGUAY** | **REKUÁI**

- **Evento Meteorológico Previsto:** Sistema de tormentas.
- **Sector de posible afectación:** Región Oriental, Centro y sur de la región Occidental.
- **Fecha del evento:** Viernes 27 y sábado 28 de octubre.

### Departamentos y periodo de afectación

- **Ñeembucú, Misiones, Itapúa, Caazapá, Paraguari, Guairá, sur de Alto Paraná:** desde la madrugada del viernes 27 y hasta la tarde del sábado 28.
- **Central, Asunción, Cordillera, Caaguazú, centro de Alto Paraná, oeste de Presidente Hayes y sur de San Pedro:** desde el mediodía del viernes 27 y hasta la tarde del sábado 28.
- **Centro y norte de San Pedro, Concepción, Canindeyú, Amambay, norte de Alto Paraná, centro, este y norte de Presidente Hayes y sur de Alto Paraguay:** desde la madrugada y hasta la noche del sábado 28.

### Características puntuales de los fenómenos

- **LLUVIAS:** Acumulados entre 90 y 130 mm.
- **VIENTO:** Ráfagas próximas a los 100 km/h.
- **TORMENTAS:** Con alta frecuencia sobre el área.
- **GRANIZOS:** Alta probabilidad de ocurrencia en forma puntual.

### Mapa de área de afectación



Actualizado en fecha: 26/10/2023

Hora: 15:30 H.O.P.

Dirección de Meteorología e Hidrología. Cnel. Francisco López 1080 c/ De La Conquista Tel. +595 21 4381000  
 Información sobre Pronóstico del Tiempo al Teléfono Int. 1151/3  
 E-Mail: pronosticos@meteorologia.gov.py

Boletín especial emitido por la DMH para el evento.



**DIRECCIÓN NACIONAL DE AERONÁUTICA CIVIL**  
**DIRECCIÓN DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA**  
**DEPARTAMENTO DE SERVICIOS CLIMÁTICOS**

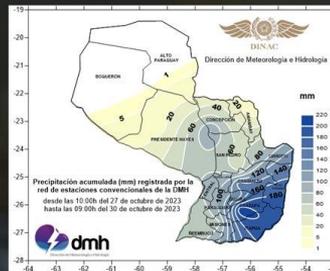


## ¿ QUÉ CANTIDAD DE LLUVIA SE REGISTRÓ DURANTE LAS ÚLTIMAS 72 HORAS ?



### RÉCORDS HISTÓRICOS EN LAS ÚLTIMAS 72 HORAS

En las últimas 72 horas, se han registrado nuevos récords históricos de lluvia en varias localidades del país. En Caazapá, departamento de Caazapá, el 27 de octubre de 2023, se acumularon 167,2 mm en 24 horas, superando el récord mensual del año 2010. Minga Guazú, en Alto Paraná, registró un acumulado máximo de 143,0 mm el 28 de octubre de 2023, superando su récord histórico mensual del año 2016. También se han registrado récords históricos diarios en varias localidades del país durante este periodo.



### PRECIPITACIÓN ACUMULADA

| Localidades           | Máximos acumulados de precipitación en 24 h (mm) | Fecha de ocurrencia | Precipitación histórica mensual | Fecha de ocurrencia |
|-----------------------|--|---------------------|---------------------------------|---------------------|
| Mariscal Estigarribia | 0,0  | 27-10-2023          | 122,2                           | 17-10-1990          |
| Puerto Casado         | 14,6   | 28-10-2023          | 125,9                           | 23-10-2018          |
| Pedro Juan Caballero  | 5,2  | 27-10-2023          | 151,0                           | 30-10-1969          |
| Pozo Colorado         | 15,0   | 27-10-2023          | 98,0                            | 21-10-2005          |
| Concepción            | 102,2  | 28-10-2023          | 132,8                           | 13-10-1961          |
| Gral. Bruguéz         | 17,4   | 28-10-2023          | 125,0                           | 31-10-2006          |
| San Pedro             | 10,0   | 28-10-2023          | 113,0                           | 20-10-2003          |
| San Estanislao        | 40,3   | 28-10-2023          | 91,8                            | 12-10-2004          |
| Salto del Guairá      | 106,4  | 27-10-2023          | 125,0                           | 16-10-1992          |
| Asunción              | 59,4   | 28-10-2023          | 155,2                           | 15-10-1974          |
| Paraguari             | 87,0   | 28-10-2023          | 109,2                           | 20-10-2012          |
| Villarrica            | 72,2   | 27-10-2023          | 133,0                           | 16-10-1962          |
| Coronel Oviedo        | 104,0  | 28-10-2023          | 170,5                           | 05-10-1973          |
| Aeropuerto Guaraní    | 143,0  | 28-10-2023          | 133,3                           | 25-10-2016          |
| Pilar                 | 59,0   | 29-10-2023          | 220,0                           | 14-10-2006          |
| San Juan Bautista     | 59,8   | 28-10-2023          | 140,0                           | 26-10-1995          |
| Caazapá               | 167,2  | 27-10-2023          | 122,6                           | 06-10-2010          |
| Encarnación           | 94,2   | 27-10-2023          | 193,4                           | 09-10-1997          |

MÁS INFORMES:

[www.meteorologia.gov.py](http://www.meteorologia.gov.py)

Tel.: (+595) 21 438 1000

Informe elaborado en fecha: 30/10/2023



# Lo ocurrido...



Reporte de caída de granizos del 27 de octubre de 2023.

# Lo ocurrido...

Reporte del tornado del 28 de octubre de 2023.



Fuente: Créditos a quien corresponda.

# Lo ocurrido...



Reporte del tornado del 28 de octubre de 2023.



Fuente: Créditos a quien corresponda.

# Lo ocurrido...



Inundaciones repentinas en la ciudad de Luque (28 de octubre del 2023)



Fuente: <https://www.abc.com.py/nacionales/2023/10/28/video-luque-se-inundo-en-minutos/>



Fuente: Créditos a quien corresponda.

# Lo ocurrido...

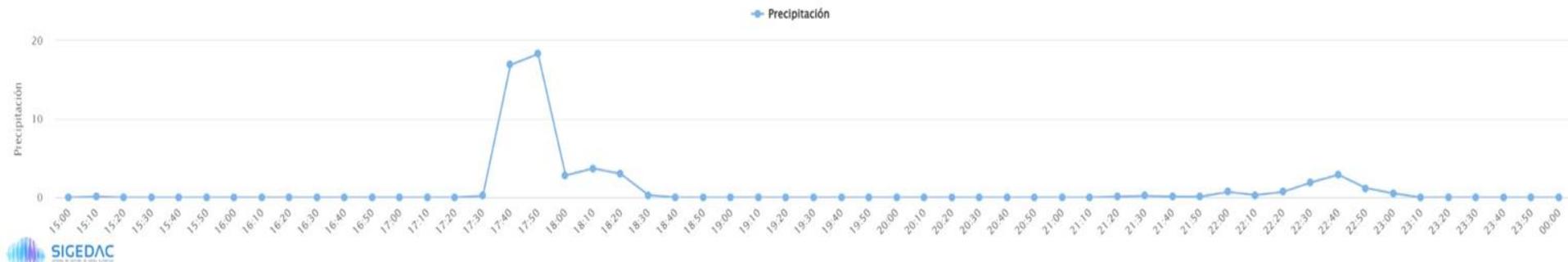


**Variables observadas:** precipitación [mm] registrada por red de estaciones meteorológicas automáticas de la dmh.



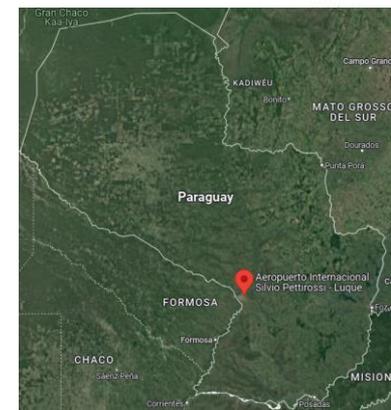
## Aeropuerto Internacional Silvio Pettrossi, Luque, Central

Desde: 28/10/2023 15:00 hasta: 29/10/2023 00:00



|            |       |      |
|------------|-------|------|
| 28/10/2023 | 14:30 | 0,2  |
| 28/10/2023 | 14:40 | 16,9 |
| 28/10/2023 | 14:50 | 18,3 |
| 28/10/2023 | 15:00 | 2,8  |
| 28/10/2023 | 15:10 | 3,7  |
| 28/10/2023 | 15:20 | 3    |
| 28/10/2023 | 15:30 | 0,3  |

**Fuente:** Dirección de meteorología e hidrología



# Lo ocurrido...



**Variables observadas:** precipitación [mm] registrada por red de estaciones meteorológicas automáticas de la dmh.



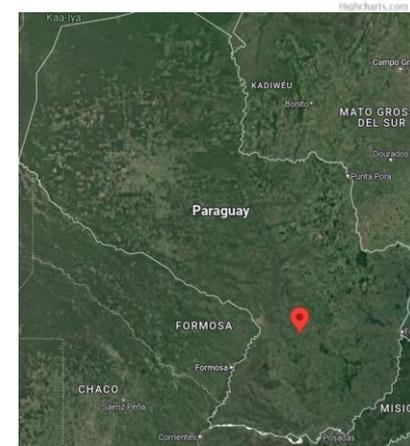
San Ignacio de Loyola, San José De Los Arroyos, Caaguazú

Desde: 28/10/2023 15:00 hasta: 29/10/2023 00:00



|            |       |      |
|------------|-------|------|
| 28/10/2023 | 15:30 | 0,8  |
| 28/10/2023 | 15:40 | 3    |
| 28/10/2023 | 15:50 | 3,6  |
| 28/10/2023 | 16:00 | 10,2 |
| 28/10/2023 | 16:10 | 18,2 |
| 28/10/2023 | 16:20 | 11,2 |
| 28/10/2023 | 16:30 | 4,8  |

**Fuente:** Dirección de meteorología e hidrología



# Lo ocurrido...

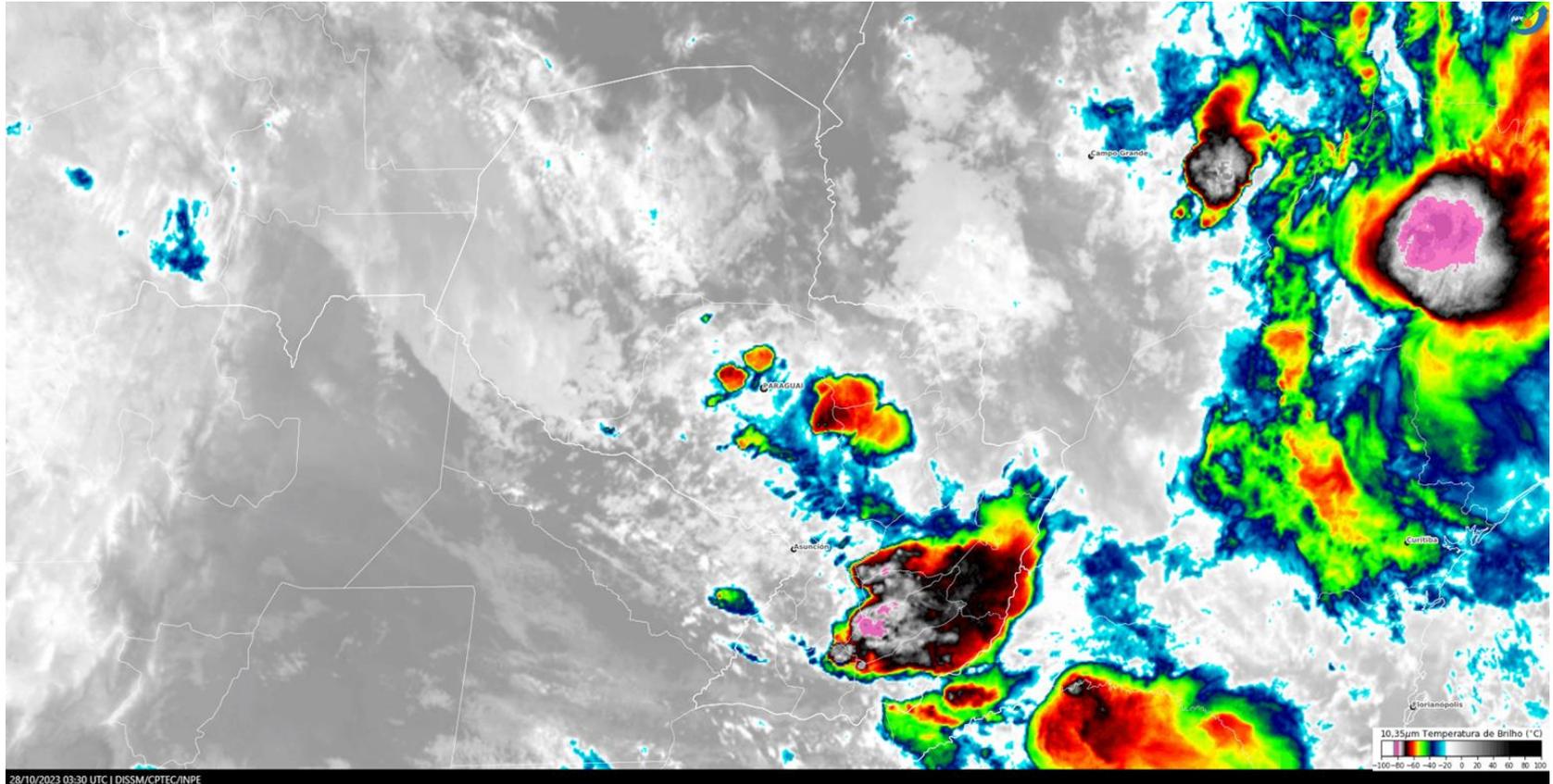


Desborde del Lago de la República en Ciudad del Este (28 de octubre del 2023)



**Fuente:** <https://www.ultimahora.com/lluvias-provocan-el-desborde-del-lago-de-la-republica-en-ciudad-del-este>

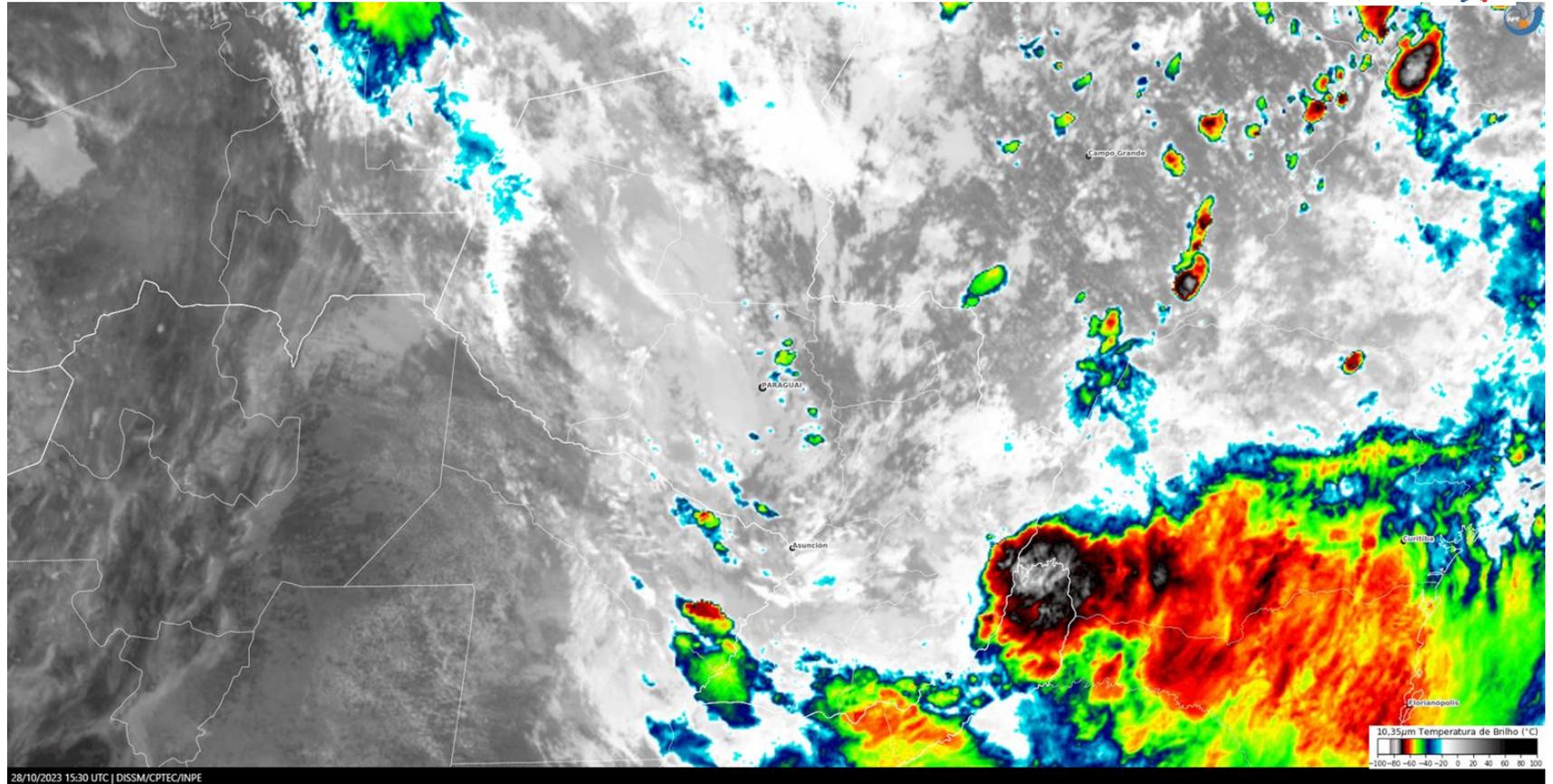
# Lo ocurrido...



Sistema de tormentas previo.

**Fuente:** CPTEC INPE. <https://www.cptec.inpe.br/dsat/>

# Lo ocurrido...

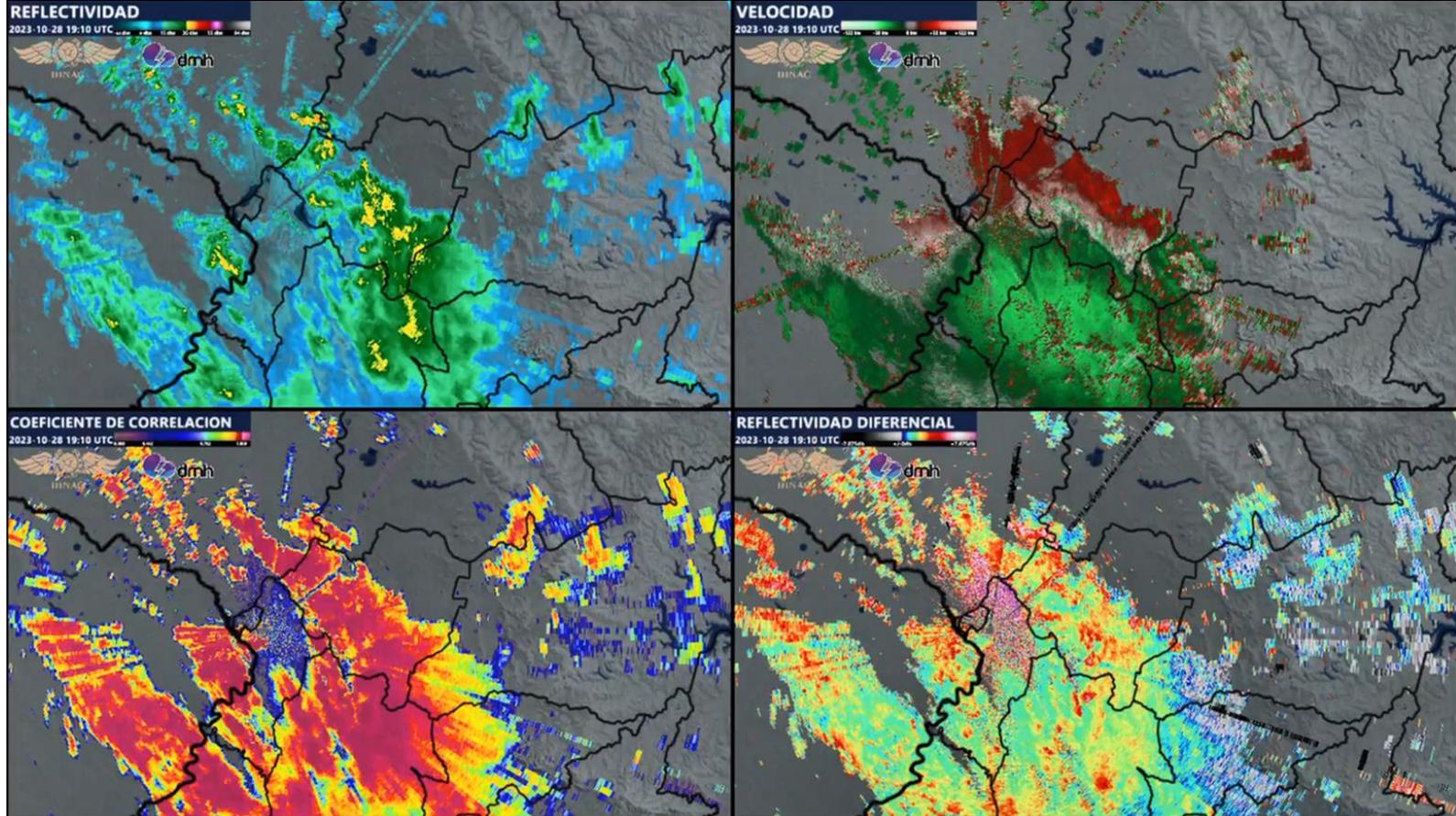


Sistema de tormentas con el cual se desarrolló el tornado.

**Fuente:** CPTEC INPE. <https://www.cptec.inpe.br/dsat/>

# Lo ocurrido...

Tornado del 28 de octubre del 2023 captado con el radar.



Fuente: Radar de Paraguay.

# Lo ocurrido...



Tornado del 28 de octubre del 2023 captado con el radar.



Fuente: Radar de Paraguay.

# Conclusiones



- Las condiciones que favorecieron al desarrollo del SCM del 28 de octubre fueron: un jet en altura apoyando con su área difluente y divergente, el paso de una vaguada y por consiguiente la advección fría en niveles medios, la profundización de un centro de baja presión en superficie, un LLJ acelerado con núcleo máximo sobre Paraguay.
- Alto contenido de agua precipitable en la columna atmosférica.
- Índices de inestabilidad elevados, en especial el índice lifted con valores de hasta -8.
- Cizalladura en la capa de 0-3km, con valores de hasta 26 m/s, SRH (0-3km) ~ 250 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>.
- Valores de índice CAPE en torno a 2000 J/kg.
- Además del horario en el cual se desarrollaron las tormentas, siendo favorecido por el calentamiento radiativo.
- El modelo GFS captó bastante bien el área crítica.





## Taller Virtual de Análisis Sinóptico en Sudamérica.

***Gracias por su atención!***

*aracely.fernandez@meteorologia.gov.py*