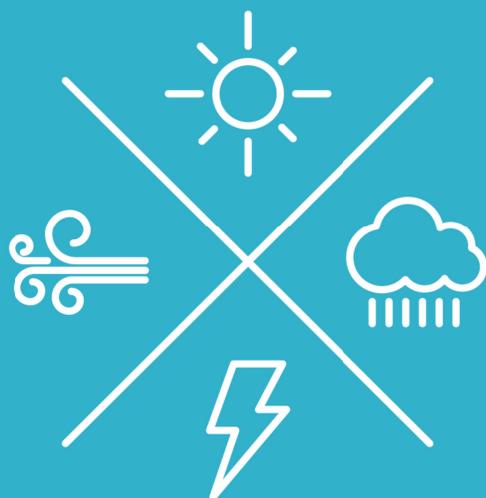


direccion.amcs@inumet.gub.uy
santayanastor@gmail.com

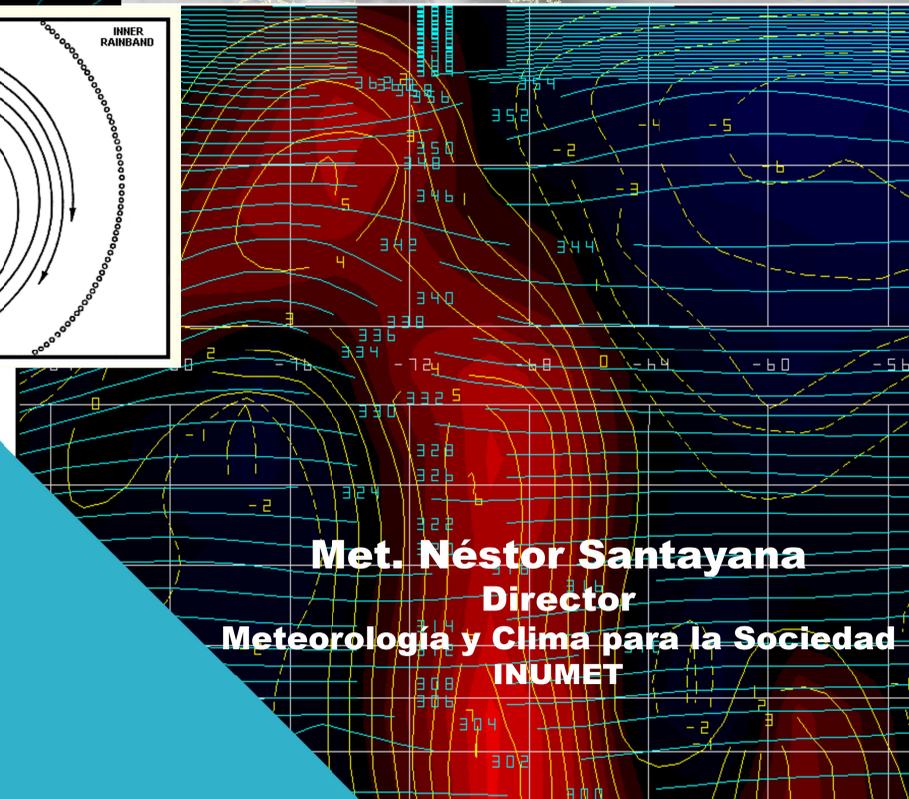
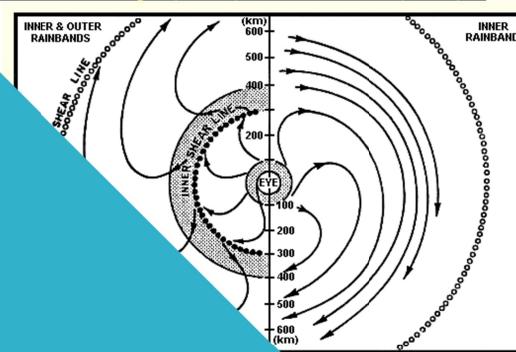
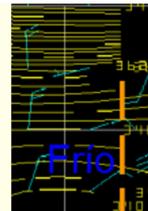
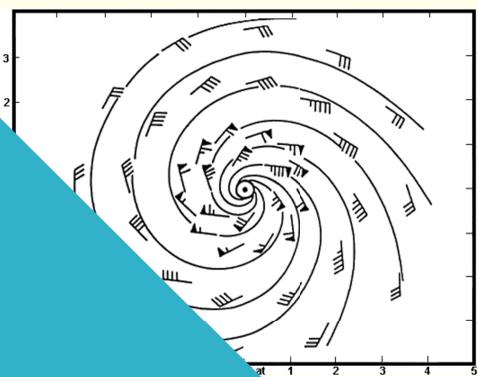


inumet

“Ciclones Subtropicales en Uruguay”

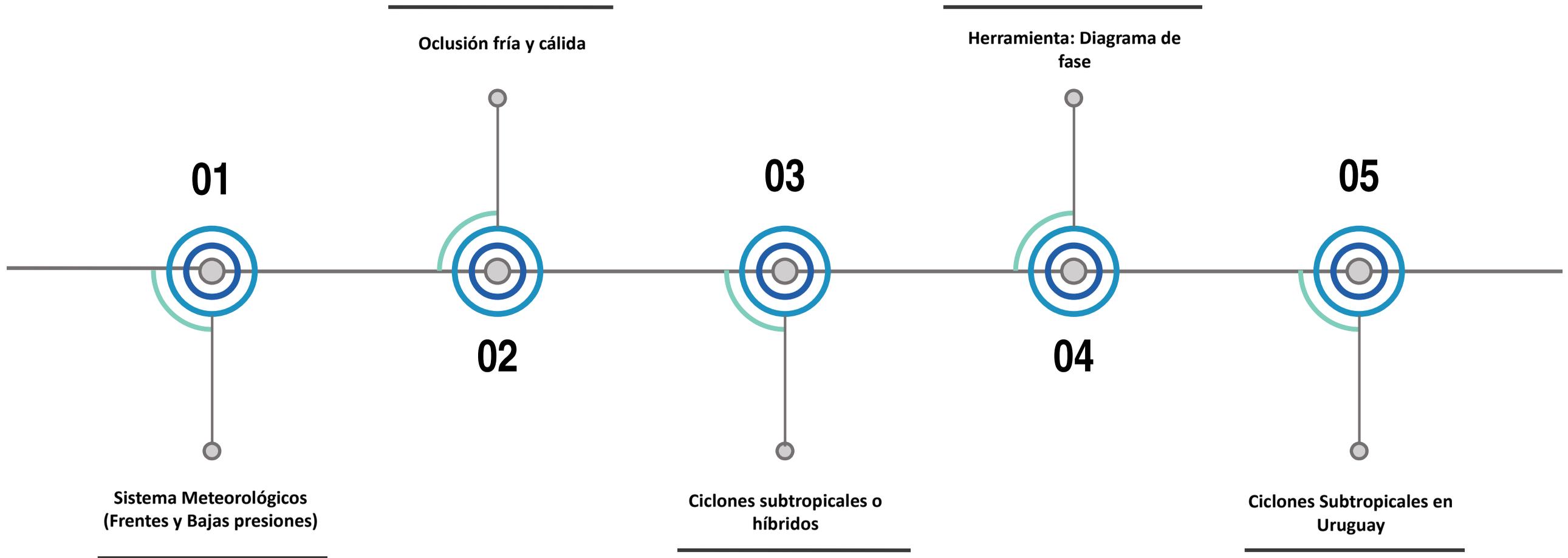
Taller virtual de Análisis Sinóptico en Sudamérica

23 al 25 de enero de 2024



Met. Néstor Santayana
Director
Meteorología y Clima para la Sociedad
INUMET

“Ciclones Subtropicales en Uruguay”



Sistemas Meteorológicos

Escala sinóptica, se definen teniendo en cuenta una escala espacial del orden de 1000 km y una escala temporal de varios días.

Observando la comparación de los SM (promediados de presión) en invierno y verano. Apreciamos claramente cómo la circulación en **latitudes medias tiene una variabilidad mucho mayor que la observada en las zonas tropicales**, sobre todo en el hemisferio norte. Además, el carácter ondulatorio mucho más pronunciado del flujo zonal medio, unido a la mayor proporción de continentes y grandes sistemas montañosos en el hemisferio norte, que origina esta mayor variabilidad.

Latitudes Medias y Altas

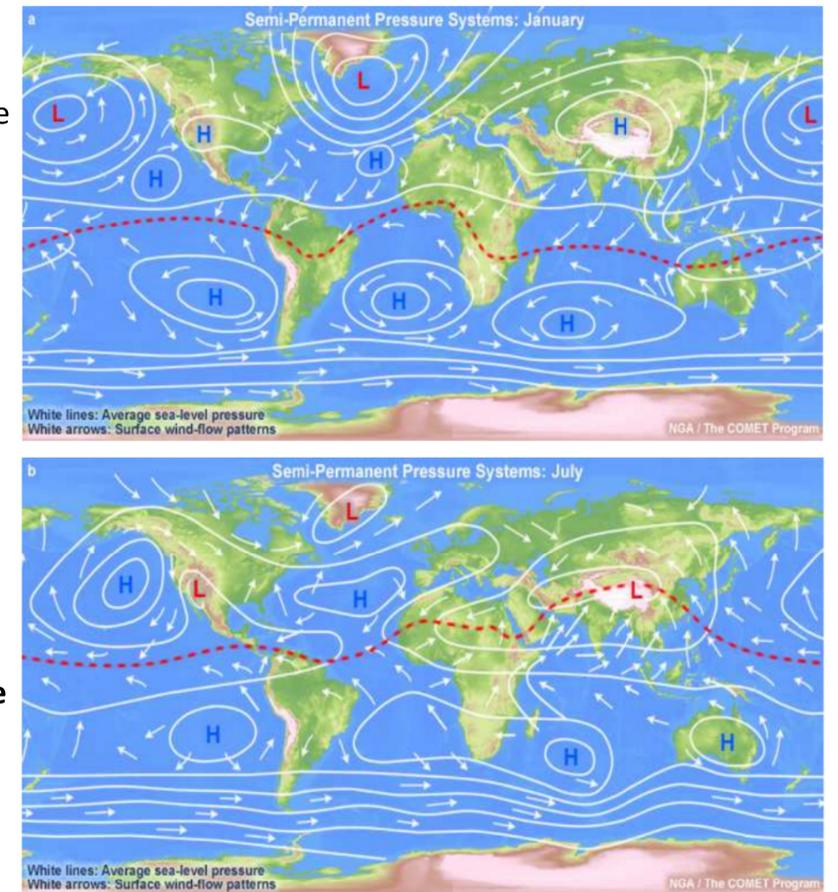
Sabemos lo importante que es el **equilibrio entre las fuerzas de presión y de Coriolis**, para el desarrollo de las perturbaciones atmosféricas en estas latitudes.

En latitudes medias, los fuertes **gradientes de temperatura que se producen en la frontera entre las masas de aire frío de origen polar y las de aire cálido de origen subtropical**, conduce a la formación de corrientes en chorro a unos 10 km de altura (justo debajo de la tropopausa a esas latitudes), que ejercen una influencia decisiva en la formación y el movimiento de los grandes sistemas de altas y bajas presiones.

Cuál es su principal fuente de energía?

La **energía potencial zonal asociada con los gradientes de temperatura meridional**, es la fuente primaria de energía en las perturbaciones sinópticas de latitudes medias, mientras que el calentamiento radiativo y el producido por la liberación de calor latente constituyen una fuente de energía secundaria.

Aplicando este análisis de escala a la ecuación horizontal del momento lineal, llegamos a que los dos términos que tienen el mismo orden de magnitud, son la fuerza de Coriolis y la del gradiente de presión. Con ello se obtiene la aproximación geostrófica de diagnóstico, en la cual conociendo la distribución de presión queda determinado el **viento geostrófico**. Esta aproximación se cumple en los movimientos a gran escala de latitudes medias y altas.



inumet

Sistemas Meteorológicos en latitudes medias (30° a 60° latitud)

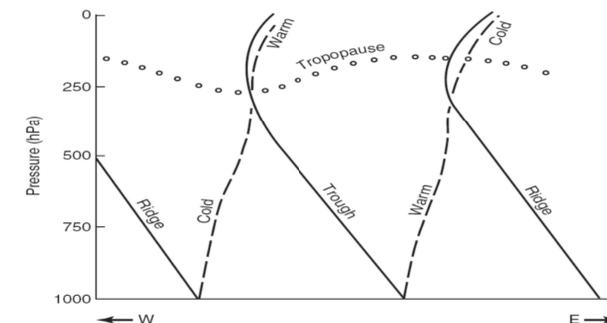
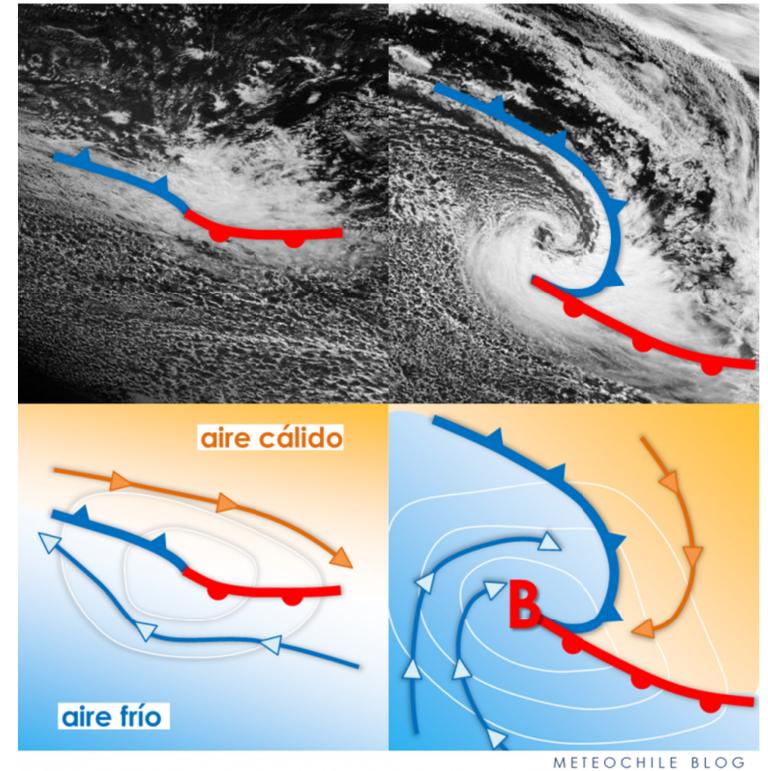
En estas latitudes, donde gran parte de la precipitación procede de **ascensos forzados** de unas masas de aire sobre otras, son comunes las **estructuras nubosas asimétricas** asociadas a unas zonas estrechas donde ocurren los mayores gradientes de temperatura, y donde se registran los vientos más fuertes que acompañan las lluvias.

Los SM en nuestras latitudes, se van a originar cuando las corrientes en chorro con fuerte cizalladura del viento se vuelven inestables respecto a una perturbación. Esta inestabilidad la conocemos como “**inestabilidad baroclina**”; y depende de la **cizalladura de la corriente en chorro**, y ésta a su vez de los **gradientes horizontales de temperatura**, por lo que se producirá principalmente en las zonas frontales, estas representan el rasgo característico de las perturbaciones de nuestras latitudes.

Depresiones

En el desarrollo de una, es fundamental el desfase de un cuarto de longitud de onda entre las perturbaciones de superficie y niveles medios y altos. Esta **inclinación hacia el oeste de las vaguadas y dorsales** es necesaria para que del flujo se pueda **extraer la energía potencial** que desarrolle la perturbación.

En la figura, vemos un perfil de un sistema baroclino en desarrollo. Apreciándose cómo los ejes de las vaguadas y dorsales se inclinan hacia el oeste mientras que los ejes del aire más caliente y frío se inclinan hacia el este. Esta distribución térmica es consecuencia de la advección del aire frío hacia latitudes más meridionales al oeste del centro de la depresión, y de la advección de aire caliente hacia latitudes más septentrionales al este de la misma. En sí, esta es la **manera de cómo se produce en latitudes medias la redistribución del calor a lo largo de los meridianos**.



El frente polar es la superficie de separación del aire frío polar y el aire caliente subtropical, y su localización justo encima de esta zona frontal es una consecuencia del equilibrio del viento térmico.

La cizalladura vertical del viento es mucho mayor en la atmósfera de latitudes medias que la de las regiones tropicales, aproximadamente cinco veces más.



inumet

Frente ocluido: oclusión fría o cálida

Una oclusión se puede definir como resultado de la disminución progresiva del sector cálido de un sistema frontal hasta su completa desaparición, debido al rápido avance de la masa de aire frío trasera, con respecto al situado en la parte delantera (más estático). Es habitual referirse a la citada oclusión como un frente ocluido (unión del frente frío y el cálido).

Oclusión fría

La menor temperatura del aire trasero hace que este –de mayor densidad–, al alcanzar al delantero, penetre por debajo, forzando su ascenso.

Oclusión cálida

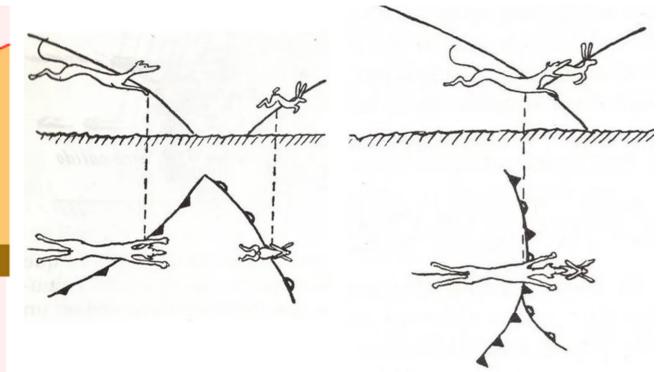
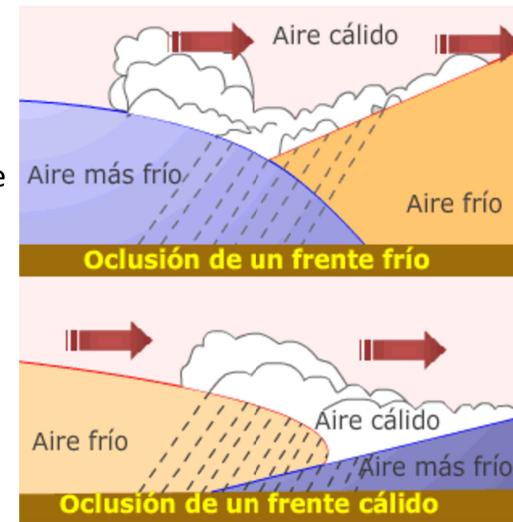
Ocurre lo contrario de la fría, el aire más frío es el delantero, de manera que el trasero al alcanzarle lo remonta, elevándose.

Modelo Noruego vs Modelo Shapiro-Keyser

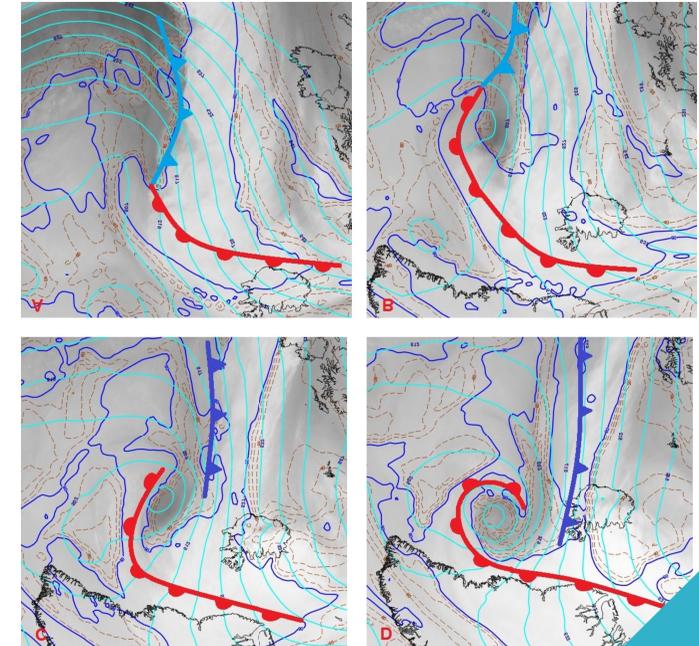
Los ciclones extratropicales que experimentan ese proceso de oclusión, dejan de comportarse según los dictados del modelo clásico noruego del frente polar. Su comportamiento es capaz de explicarlo otro modelo teórico, más moderno: el de Shapiro-Keyser.

En dicho modelo, el frente frío en lugar de “atrapar” al cálido se mueve perpendicularmente a él, y la zona que queda entre los dos frentes se va rellenando de aire cálido de la zona periférica, formándose un **núcleo cálido en la baja presión, lo que da lugar a un ciclón híbrido**.

Si bien la teoría clásica del frente polar explica la formación y desarrollo de los sistemas frontales de muchas bajas que nos afectan, en ocasiones, se ven sometidos a **seclusiones cálidas**, lo que lleva consigo una intensificación mayor del sistema de baja presión, presentando una zona de vientos particularmente intensos en la periferia. La **presencia del núcleo cálido se manifiesta en ocasiones con la presencia de un ojo** (hueco libre de nubes) similar al que presentan los ciclones tropicales (sin serlo).



Analogía de Mariano Medina (1922-1994). Galgo persiguiendo a una liebre, frente frío alcanzando el frente cálido.



inumet

Ciclones Subtropicales o Híbridos

Según la NWS-NOAA:

Un ciclón subtropical es un sistema de bajas presiones en las latitudes tropicales o subtropicales (en cualquier latitud desde el ecuador hasta los 50° N/50° S) que mantiene simultáneamente características de los ciclones tropicales y de los ciclones de latitudes medias.

Características

Su principal característica es la presencia de una **estructura térmica híbrida**, consistente en una anomalía fría en la alta troposfera y cálida en la baja troposfera, resultado del calor latente liberado por la intensa convección que llevan asociada. (Evans y Guishard, 2009; Guishard et al., 2009).

Además, suelen desarrollarse en ambientes con escasa baroclinicidad, lo que da lugar a patrones nubosos convectivos sin características frontales.

Es decir, que muchos de estos ciclones existen en una región donde el **gradiente de temperatura es débil a moderado** (tal como ocurre con los ciclones extratropicales), pero tienen como fuente primaria de energía las nubes convectivas (tal cual ocurre con los ciclones tropicales), o sea es un ciclón híbrido.

Estos ciclones pueden formarse o migrar a un ciclón tropical o extratropical.

Según observaciones, los vientos máximos de superficie sostenidos para sistemas subtropicales no exceden los 64 kt o 118 km/h, con un radio que se extiende entre los 100 y 200 km.

Ciclón subtropical Raoni

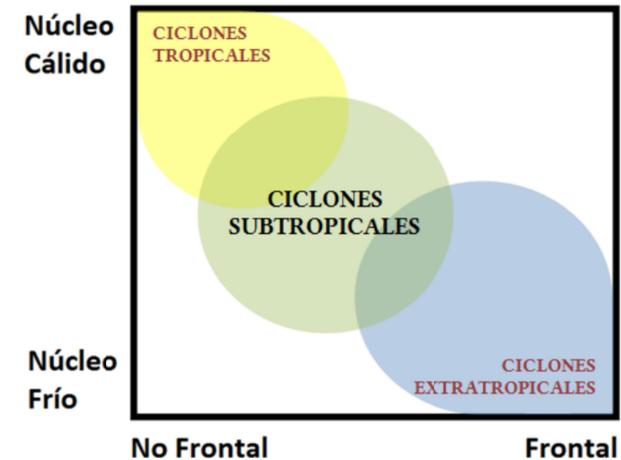
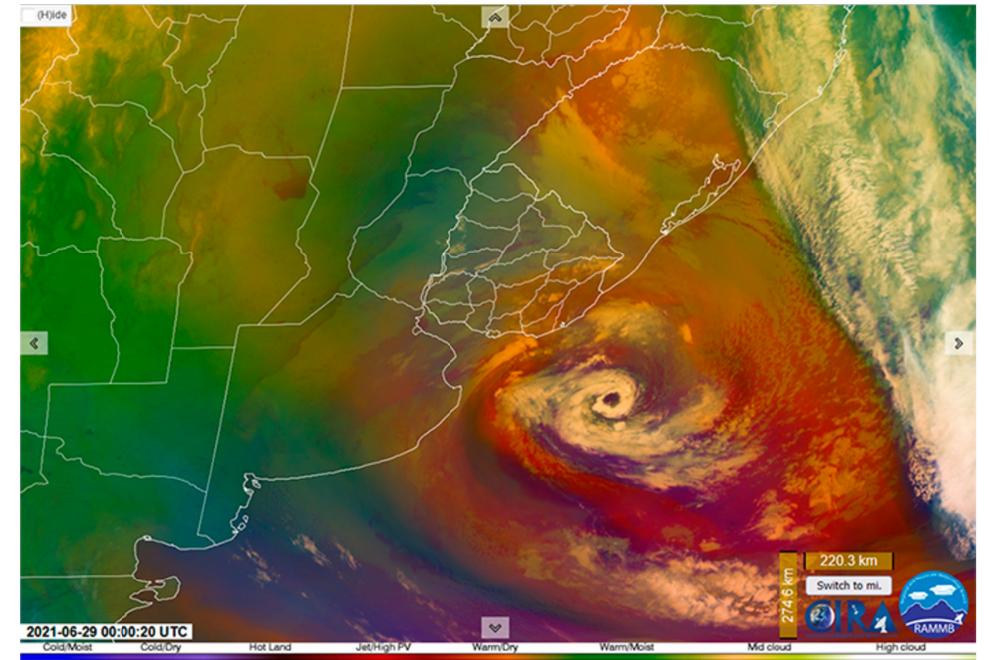


Diagrama de clasificación de los ciclones en base a su estructura térmica vertical y características frontales.



inumet

Ciclones Subtropicales o Híbridos

Clasificación según la NOAA-NWS:

Los ciclones subtropicales del Atlántico se clasifican por los vientos máximos de superficie sostenidos:

- Depresiones subtropicales, aquellos con vientos < a 34 kt o 63 km/h.
- Tormentas subtropicales, aquellos con vientos = o > 34 kt o 63 km/h.

Nombres

Antes del 2002, a los ciclones subtropicales no se le daban nombres, pero el Centro Nacional de Huracanes (CNH), realizaba pronósticos y generaba advertencias similares a las de los ciclones tropicales.

A partir de 2002 se les asignan nombres extraídos de la lista de ciclones tropicales. Siendo “Gustav” el primer ciclón subtropical en recibir un nombre, ese mismo año.

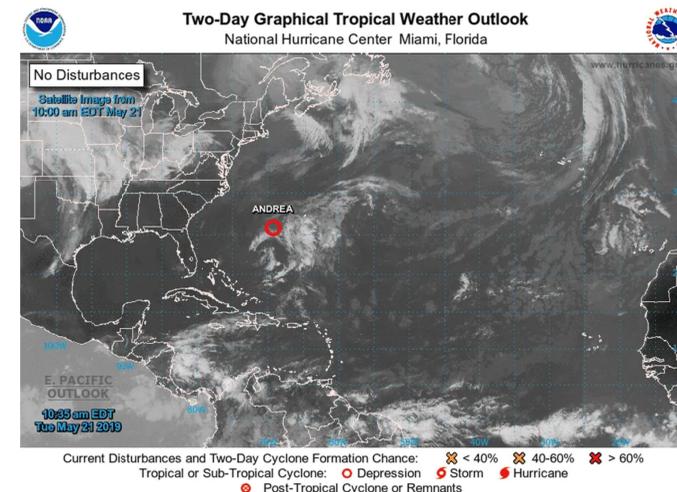
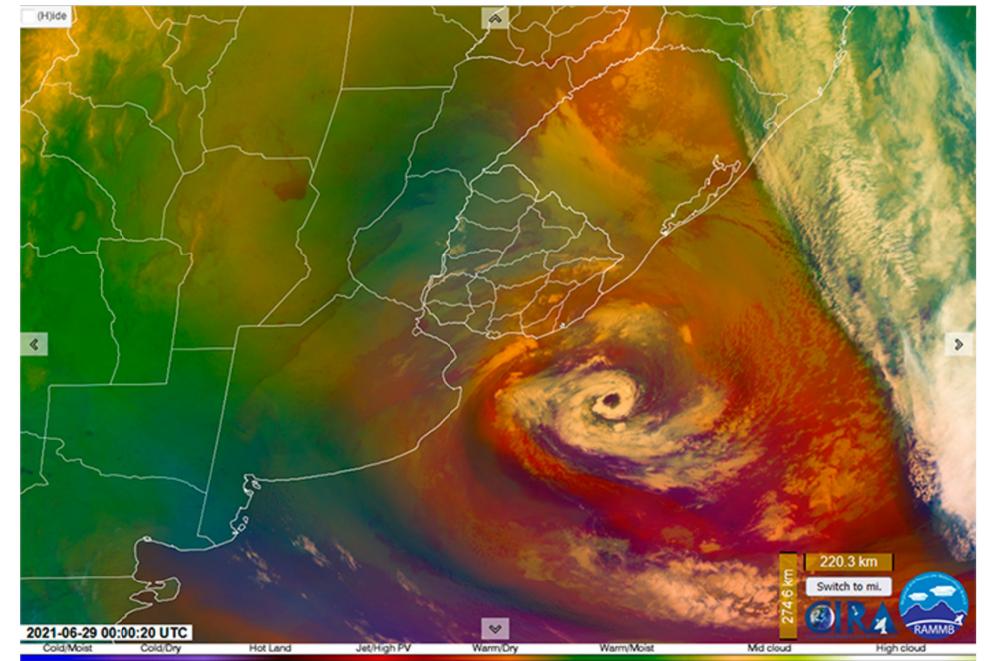
Herramientas para pronosticarlos

Entre las diversas opciones, hay que destacar los **diagramas de fase** (Hart, 2003) como una herramienta imprescindible. En ella se utilizan tres variables fundamentales, formando un espacio de fases, para caracterizar la estructura térmica de cualquier ciclón.

- El parámetro de asimetría térmica (B), que da una idea de la baroclinicidad que acompaña al ciclón, es decir, de sus características frontales
- Y por otro lado, el viento térmico en la alta (VTU) troposfera y baja (VTL) troposfera, que nos brinda una idea de su estructura térmica vertical.

Estos parámetros se calculan respecto al centro del ciclón.

Ciclón subtropical Raoni



Depresión subtropical Andrea
21 de mayo de 2019



inumet

Cuenca del Río de la Plata: zona ciclogénica

Trayectorias generadas en Sudamérica para todos los casos invernales de la base ERA-40 originadas en ciclogénesis cerca de los 30° S.

Los puntos muestran la posición y el color la intensidad de cada sistema cada 6 hs. Es notable lo compacto de la distribución para un periodo de más de 40 años.

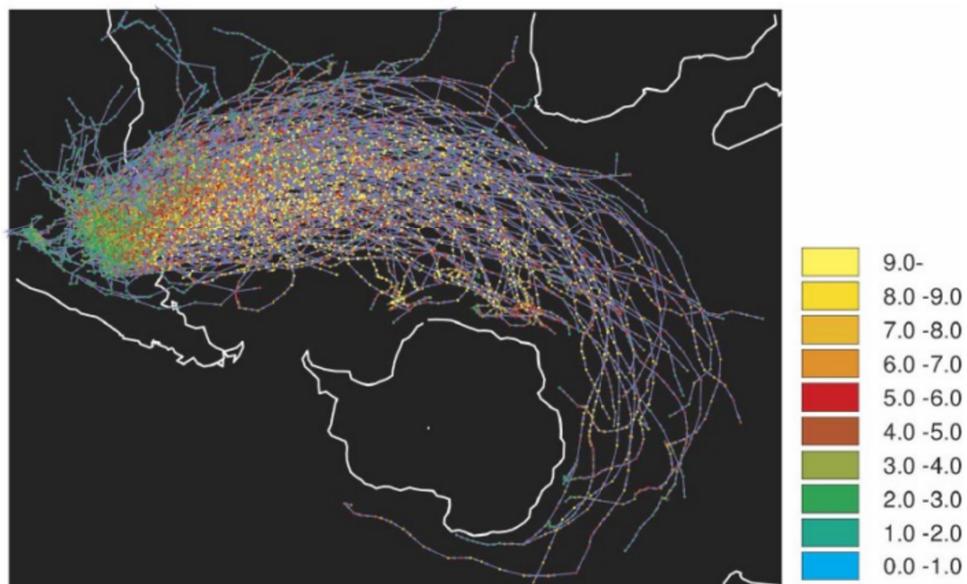
Para facilitar el análisis la figura inferior muestra la distribución de la densidad de trayectorias (color) y de la intensidad media (contornos)

Hoskins & Hodges, 2005

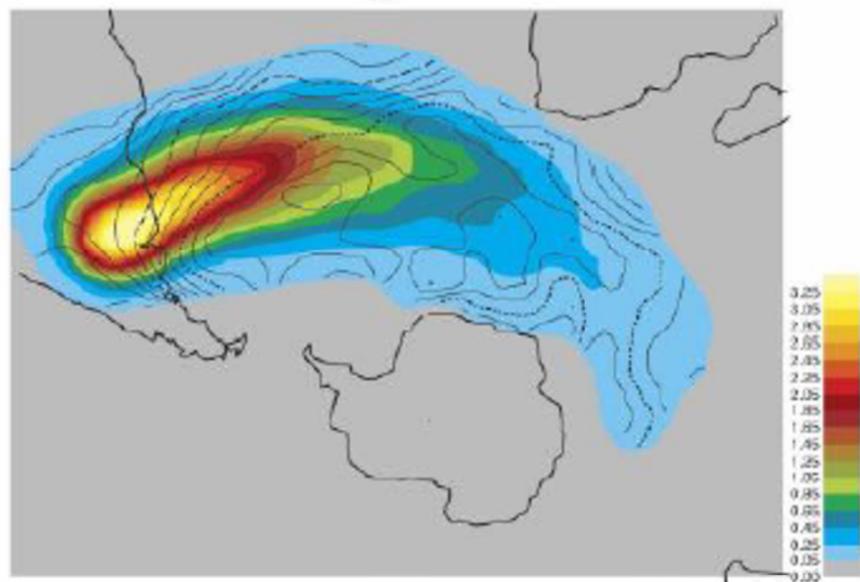
En nuestras costas, en los últimos años he estudiado y confirmado el desarrollo de 2 ciclones subtropicales (híbridos), Raoni (28/6/21) y Yakecan (17/5/22).

Los cuales iniciaron como ciclón extratropical, pero luego se fueron aislando y desarrollaron convección en su centro, favoreciendo la formación de un núcleo relativamente cálido (en relación a su entorno). Incluso desarrollándose sobre el centro del ciclón Raoni, una zona sin nubosidad cerrada, similar a un ojo.

Este ciclón fue clasificado por el NHC como Invest, mencionándolo incluso como “Disturbio Tropical” (paso previo a Depresión Tropical); algo descartado por los SMN de Argentina, Uruguay y la Marinha do Brasil, los cuales optamos por clasificarlo como Tormenta Subtropical Raoni (nombre de la lista de Brasil).



(a)



inumet

Herramienta: Diagrama de fases de un ciclón

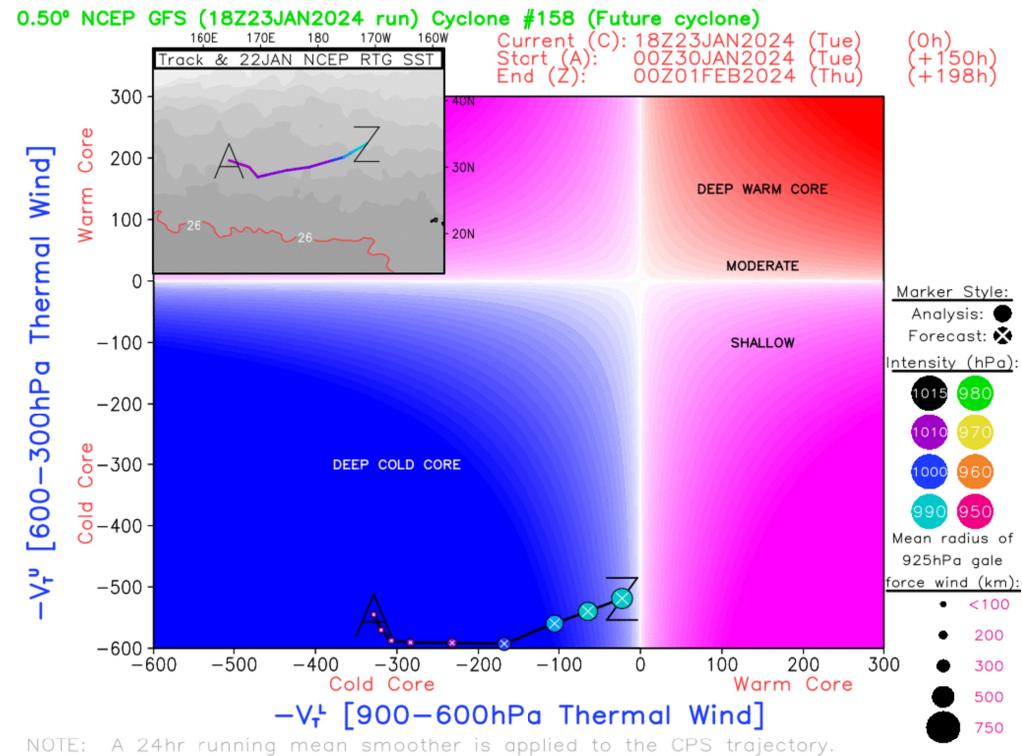
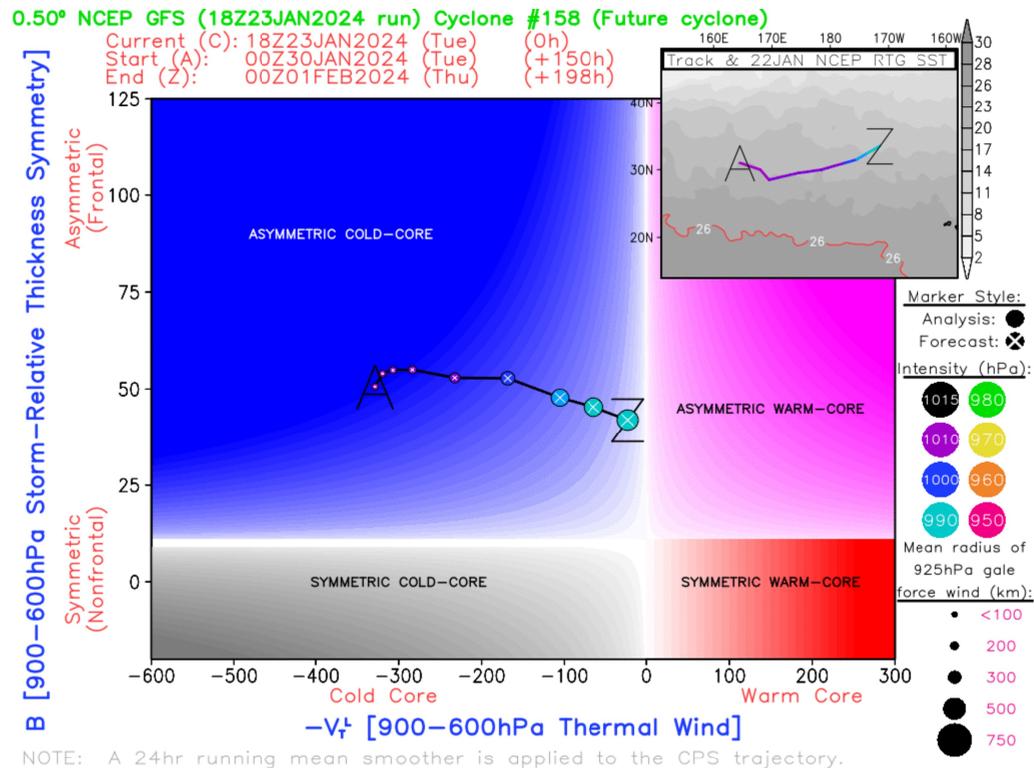
Es posible generar los llamados diagrama de fase , representando en un sistema de ejes cartesianos el valor de ciertos campos característicos:

B.- Este parámetro cuantifica la asimetría térmica en los campos de espesor o el grado de baroclinidad del ciclón.

VTL- Éste mide cambio en la intensidad del ciclón con la altura en los niveles bajos a través del viento térmico en los mapas de espesores 900-600 hPa.

VTU.- Es equivalente al anterior pero tiene en cuenta la distribución del viento térmico en una capa más profunda, 600-300 hPa.

Estos parámetros o variables meteorológicas, se combinan de dos en dos. De esta forma se obtienen dos diagramas con (B, -VTL) y (-VTL , -VTU), que son los más usados. Según los valores que vayan tomando las dos variables características es posible definir cuatro zonas diferenciadas en el diagrama de fase.



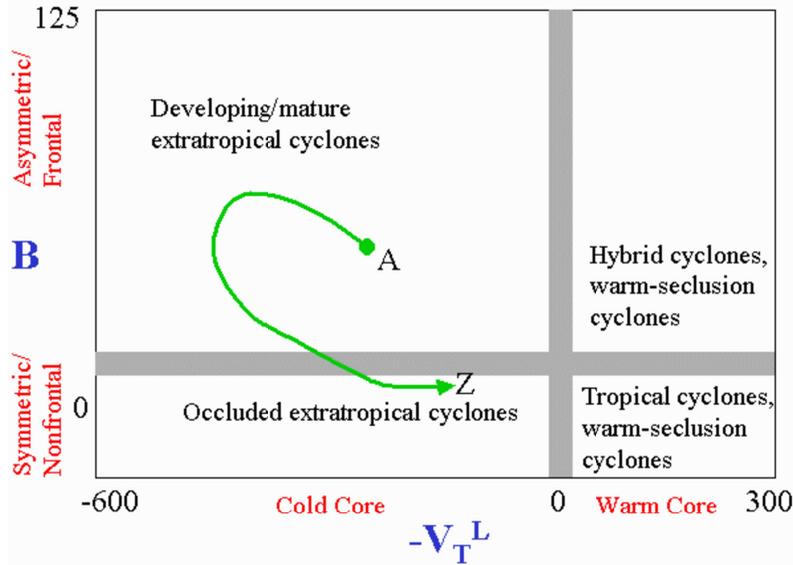
<https://moe.met.fsu.edu/cyclonephase/help.html>



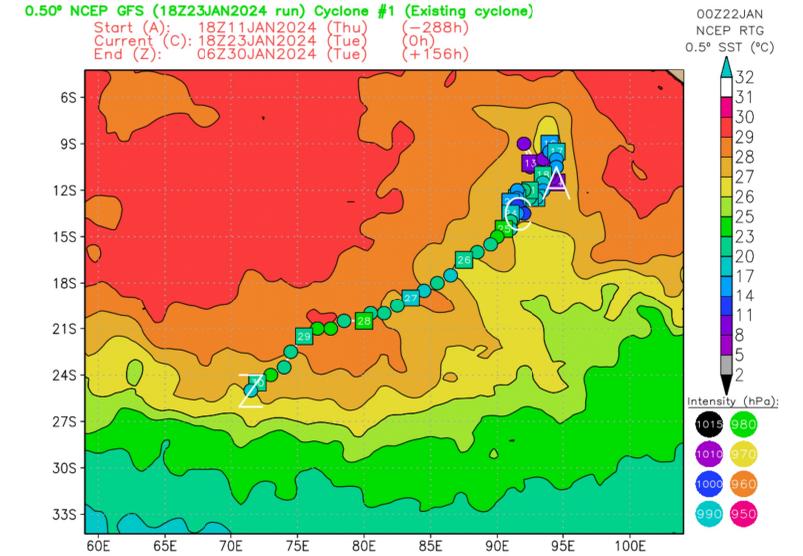
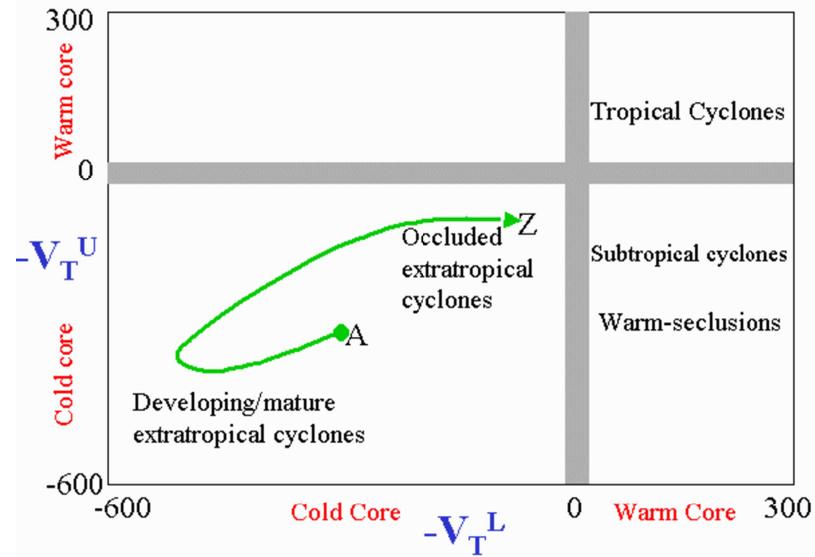
inumet

Diagrama de fases

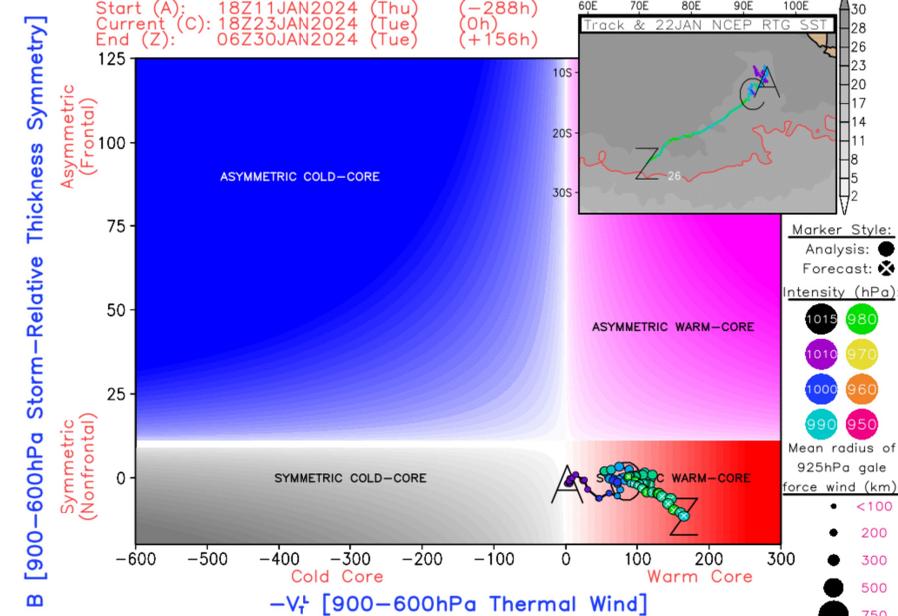
General locations of cyclones within phase space



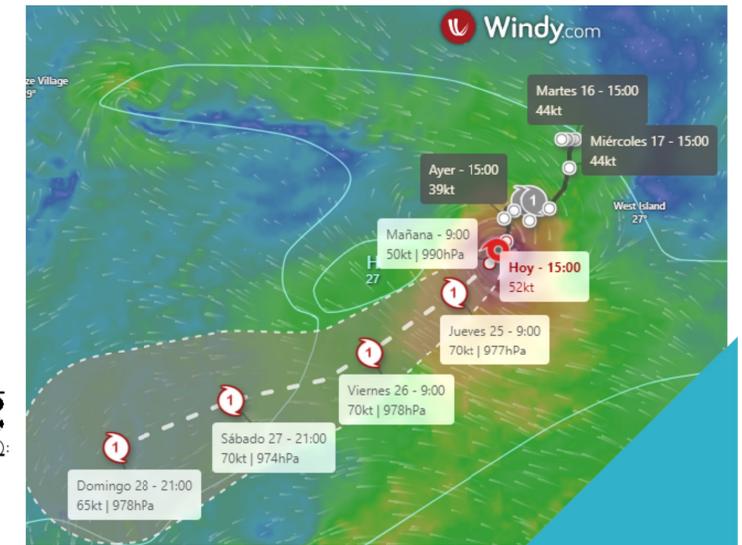
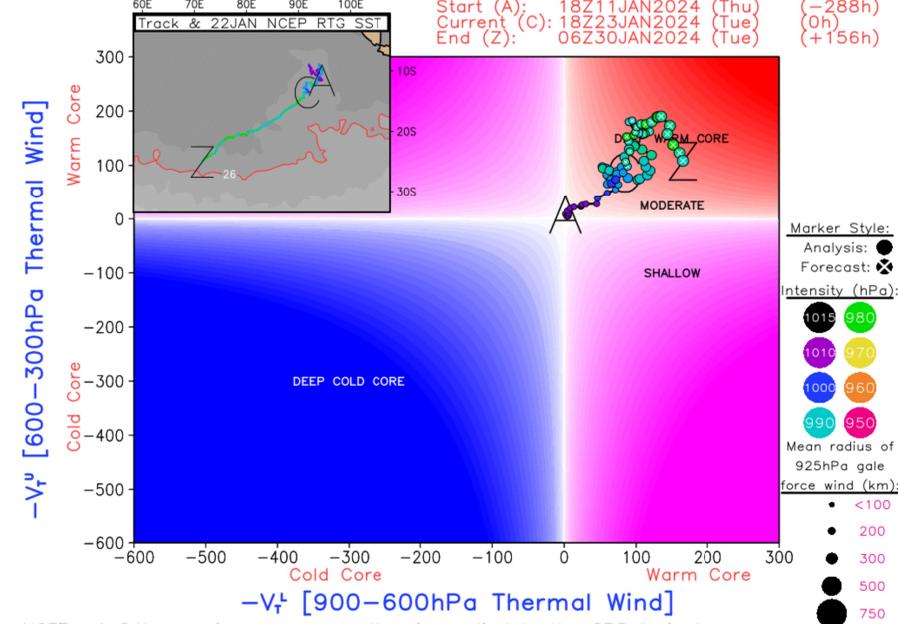
General locations of cyclones within phase space



0.50° NCEP GFS (18Z23JAN2024 run) Cyclone #1 (Existing cyclone)



0.50° NCEP GFS (18Z23JAN2024 run) Cyclone #1 (Existing cyclone)



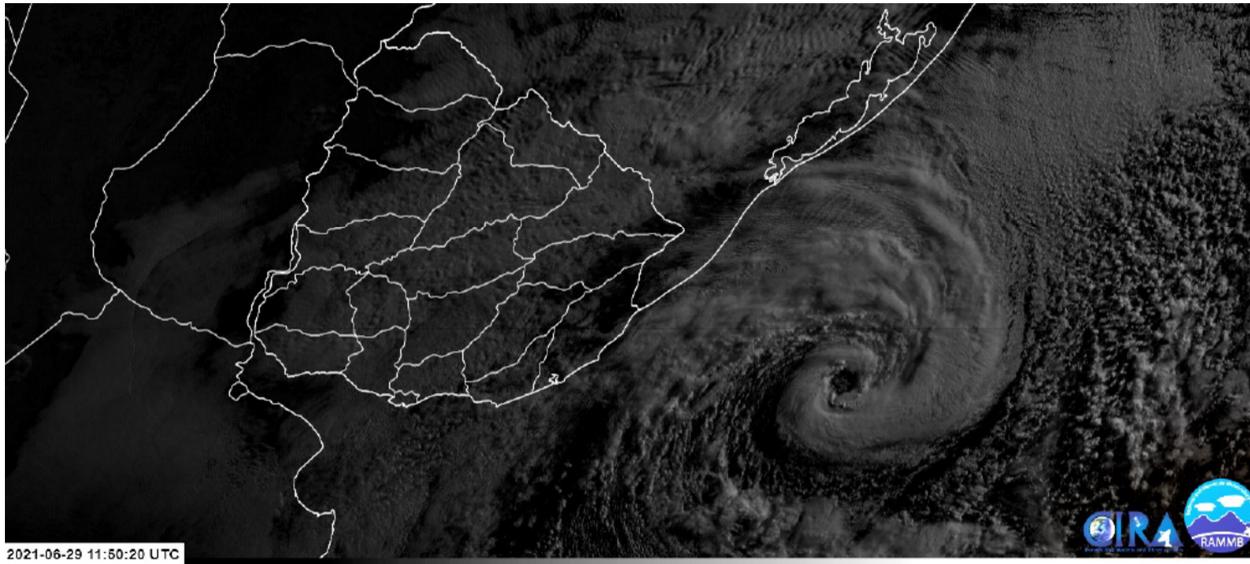
Tormenta tropical Angrek



NOTE: A 24hr running mean smoother is applied to the CPS trajectory.

NOTE: A 24hr running mean smoother is applied to the CPS trajectory.

Raoni (28/6/21)



Yakecan (17/5/22)

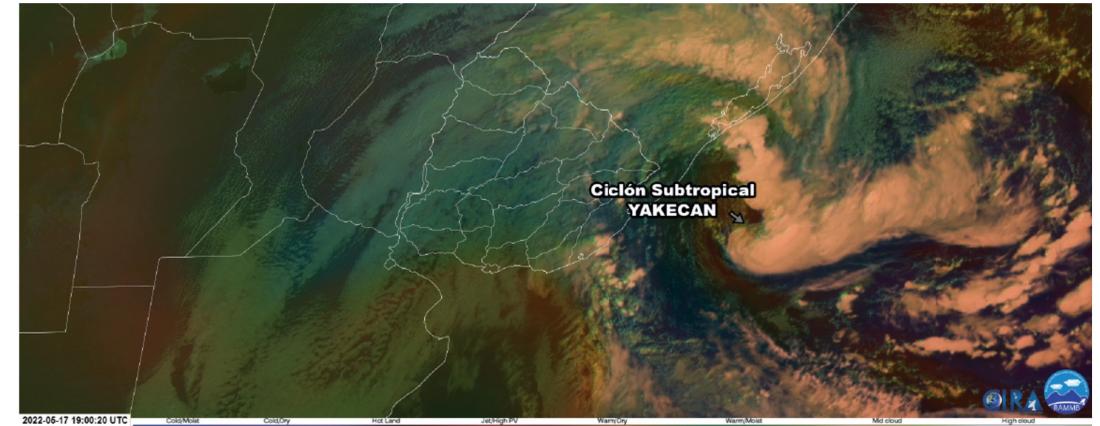
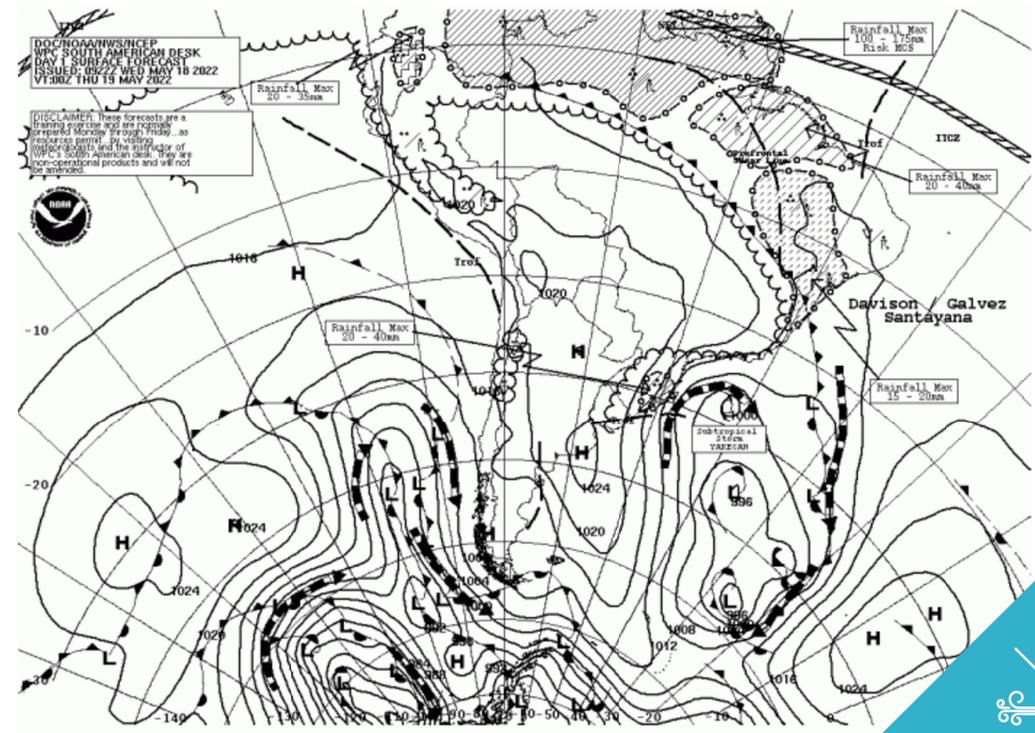
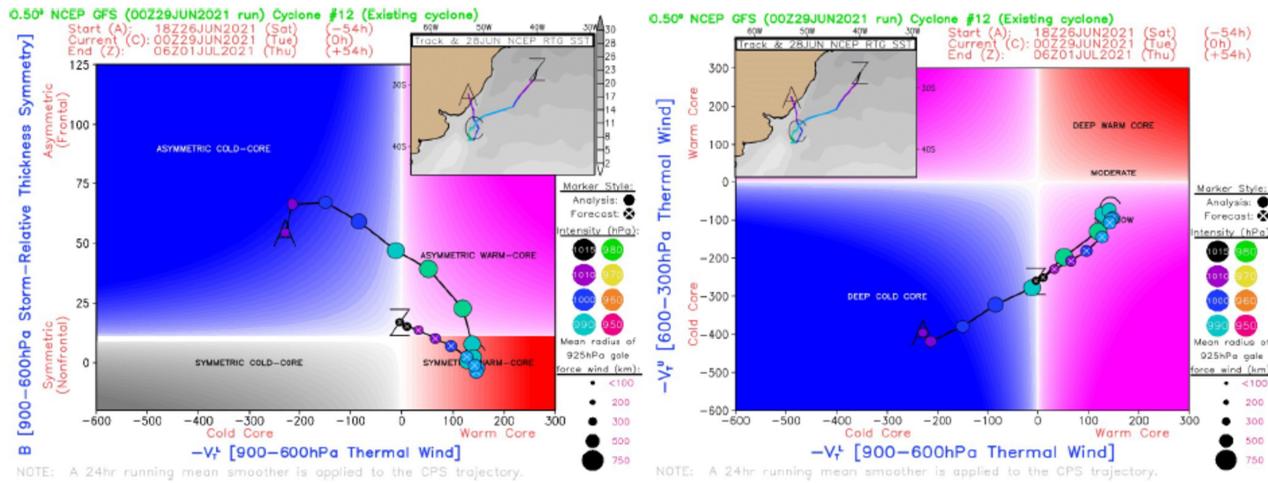


Diagrama de fases del ciclón subtropical Raoni



inumet



Agradecimientos

Mike Davison & José Gálvez
NWS/NOAA/EEUU

Patricio Carmona, Luis Bañón & Fausto Polvorinos
Aemet/España

Dirección Meteorológica de Chile & Escritorios Internacionales del WPC/NOAA

Referencias

https://resources.eumetrain.org/data/5/569/warm_core_seclusion.htm

<https://www.tiempo.com/ram/que-es-un-ciclón-subtropical.html>

<https://blog.meteochile.gob.cl/2018/07/12/radiografia-de-un-sistema-frontal/>

<https://www.tiempo.com/noticias/ciencia/oclusiones-y-seclusiones.html>

<https://repositorio.aemet.es/>

<https://www.nhc.noaa.gov/>

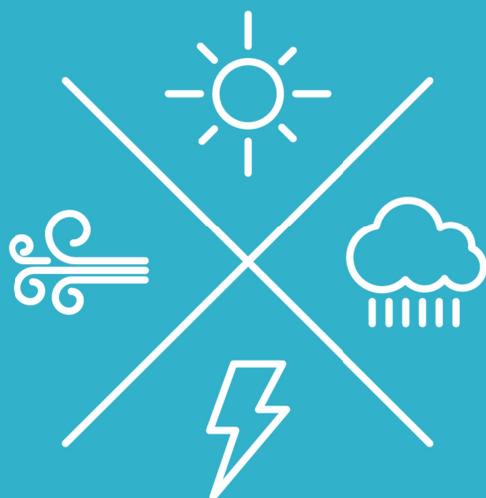
https://www.ame-web.org/images/stories/Congresos/33-Oviedo/TabajosCompletoJornadas/4.analisis_y_prediccion_del_tiempo/Oral_GonzalezAleman.pdf

<https://origin.wpc.ncep.noaa.gov/international/workshops/2024cl/index.html>



inumet

direccion.amcs@inumet.gub.uy
santayanastor@gmail.com

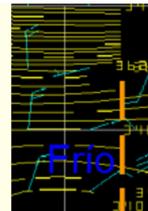
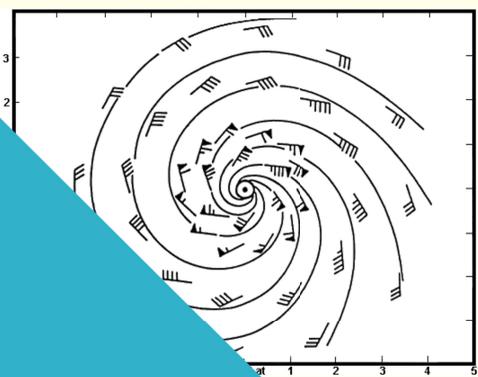


inumet

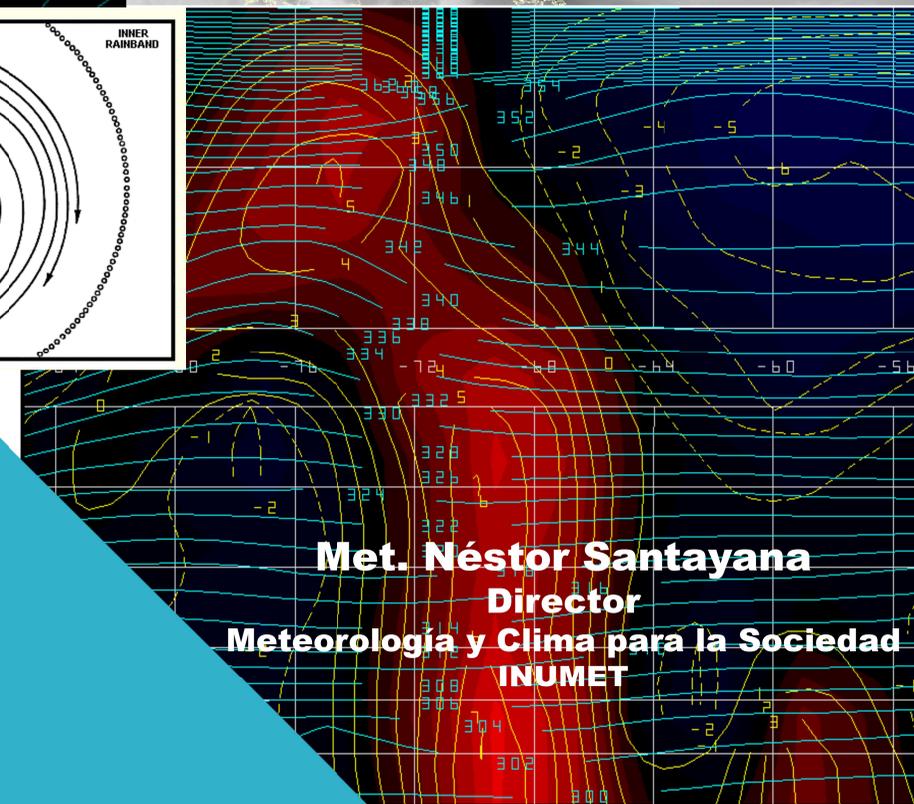
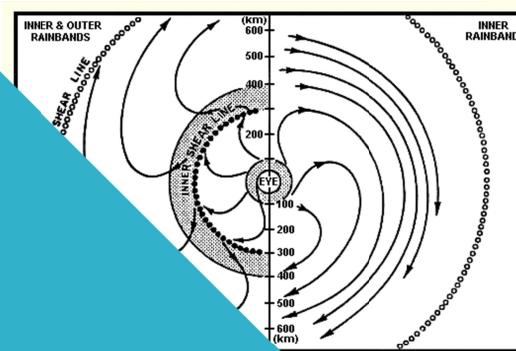
“Ciclones Subtropicales en Uruguay”

Taller virtual de Análisis Sinóptico en Sudamérica

23 al 25 de enero de 2024



Anticiparse al tiempo es nuestro compromiso



Met. Néstor Santayana
Director
Meteorología y Clima para la Sociedad
INUMET