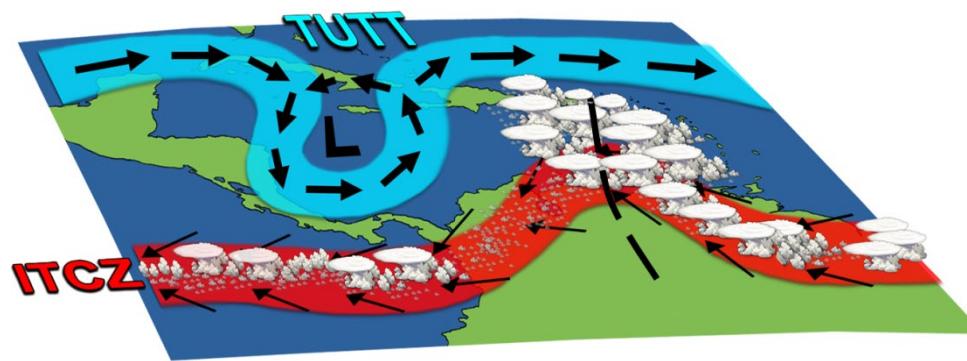


# ¿Ondas Tropicales o Vaguadas inducidas por una TUTT?



**Mike Davison**, Chief, International Desks  
**Dr. José Gálvez**, International Desks Researcher  
Reviewed by **Dr. Arlene Laing**, CMO

**Julio 2020**

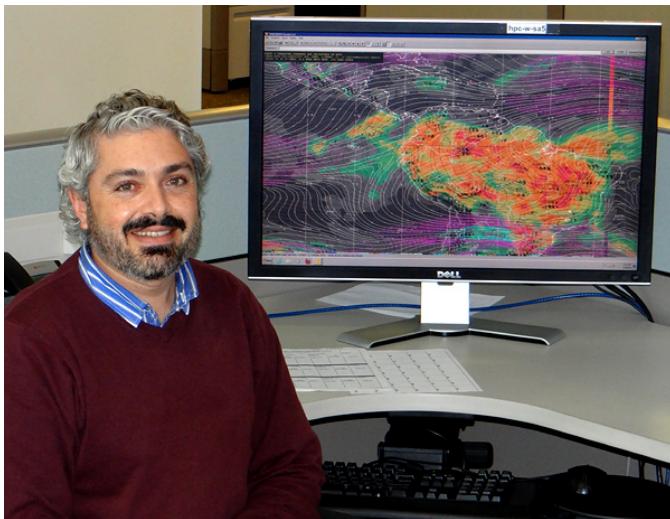
**1ra Parte**



**NATIONAL WEATHER SERVICE**  
NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION



Mike Davison, WPC



Jose Galvez, WPC



Kathy-Ann Caesar  
CIMH

# CSU/CIRA-RAMMB



Facilitadora, moderadora, apoyo técnico,  
comunicaciones, el corazón y alma del  
VISIT

# Reglas

- Su participación es requerida
  - Participen de las encuestas para poder evaluar que cuan bien están comprendiendo el material.
  - Requerimos un mínimo de 80% que participen
- Preguntas??
  - Pueden enviar preguntas por texto
    - José y Bernie están monitoreando
    - Preguntas de interés común serán compartidas
  - Levante la mano

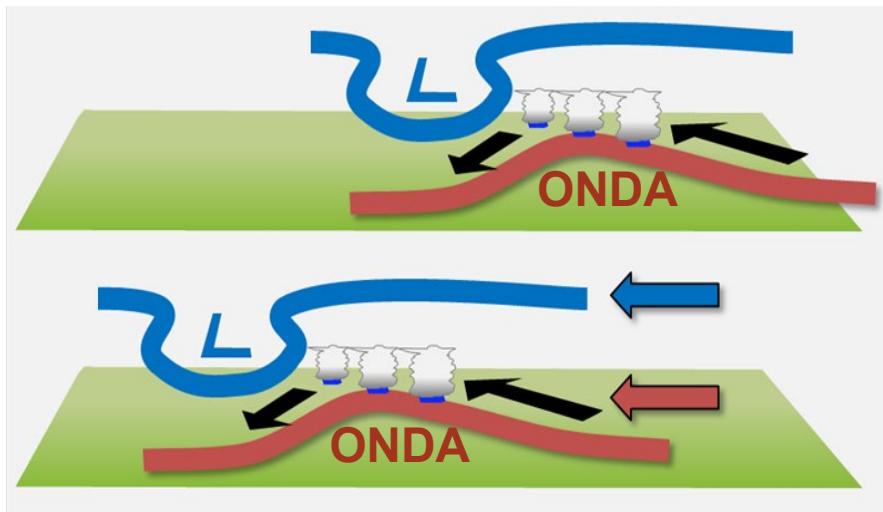
# Ondas Tropicales o Vaguadas Inducidas por TUTT...

## ¿Por qué es importante diferenciarlas??

- **Ambas perturbaciones pueden producir lluvias fuertes.**  
Las inducidas por una TUTT, sin embargo, frecuentemente quedan estacionarias, por lo que tienen mayor potencial de producir lluvias persistentes e inundaciones.
- **Tienen origen y estructura vertical muy diferentes.**  
Aunque ambas pueden evolucionar a ciclones tropicales, las ondas del este tienen mayor potencial.

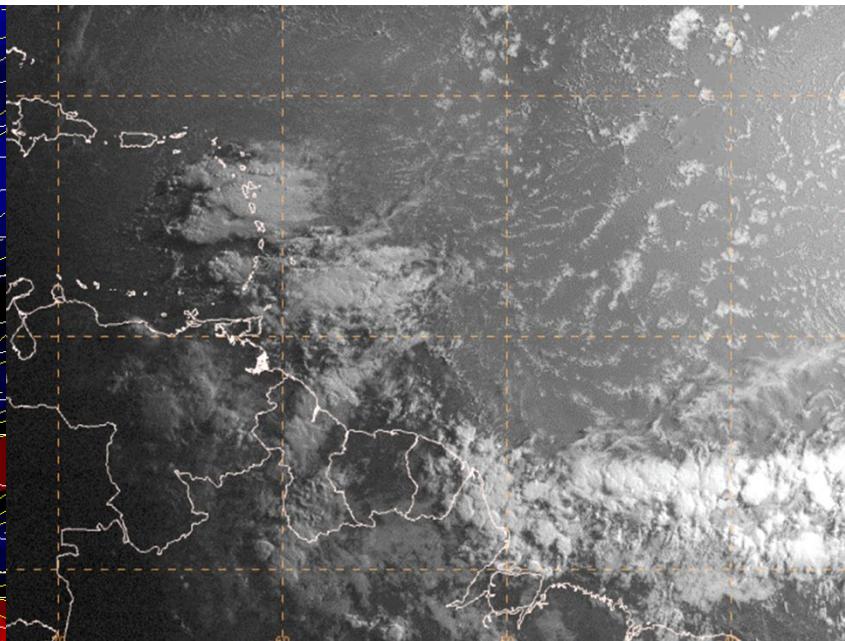
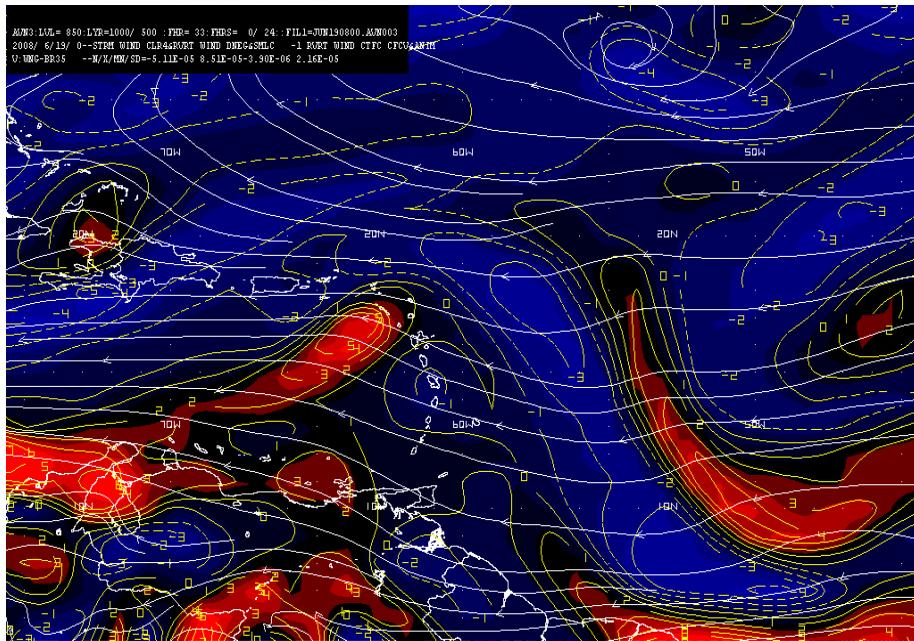
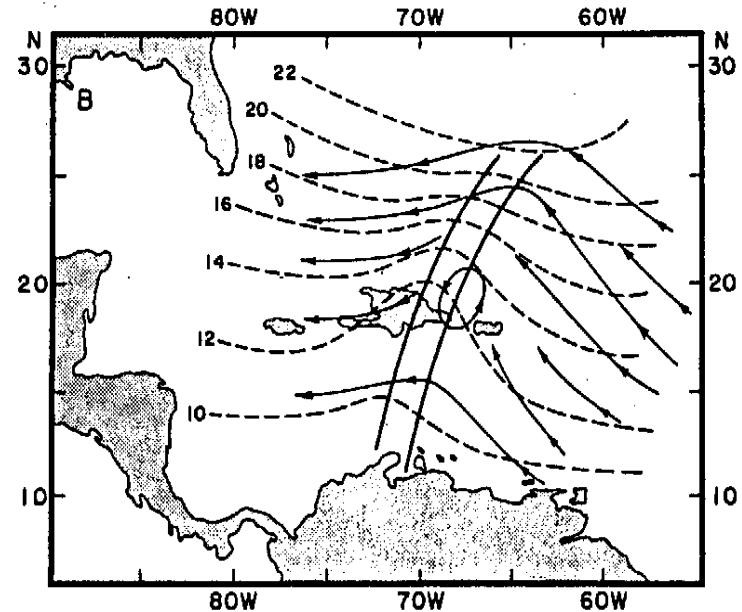
# Fuente de confusión

Una vaguada o baja TUTT que se mueve hacia el oeste puede inducir una onda en los alisios que también se propagará hacia el oeste, siguiendo a la TUTT.



- La propagación de la onda inducida parecerá similar a la de una onda del este.
  - *El pronosticador no-cauteloso puede confundirlas.*
  - *El pronosticador astuto hará un análisis del flujo y consultará la imagen de satélite antes de llegar a una conclusión.*

# Ondas Tropicales





# Ondas Africanas del Este

- **Modelo Conceptual**
  - Riehl (1945) : -Se orientan de sur-a-norte; “V” Invertida
  - Burpee (1972): -Se originan en el norte de África  
-Inestabilidad en el Jet Africano del este.
  - Thorncroft (2008) -Función de la liberación de calor latente durante convección organizada y profunda.
- **Características**
  - Amplitud de Onda: Varia entre 10-20 grados
  - Típicamente desde la superficie hasta los 850-700 hPa (1.5 - 3 km)
- **Propagación**
  - Hacia el oeste o desde el este (“Ondas del Este”)
  - Velocidad de propagación → 10-15 kt
- **Frecuencia:** Periodo de 3-4 días entre ondas.
- **Estacionalidad:** Abril/Mayo a Octubre/Noviembre (Atlántico Tropical).

# ¿Onda del Este o una Onda Tropical?

- **Onda del Este:** Modelo conceptual por Riehl (1945)
  - Disturbio sinóptico en los alisios del este que se observa en el Caribe
- **Onda Africana del Este:** Onda de escala sinóptica que se propaga hacia el oeste a través de África-Atlántico Tropical, Caribe y el Pacífico Oriental en la época lluviosa.
- **Ondas Tropicales:** Término genérico connotado por el Centro Nacional de Huracanes (NHC) que define una vaguada, o máximo ciclónico, en los alisios del este. La onda puede llegar a máxima amplitud en la atmósfera media-baja, o puede ser el reflejo de una vaguada fría en niveles superiores (*Hurricane Committee Operational Plan*)



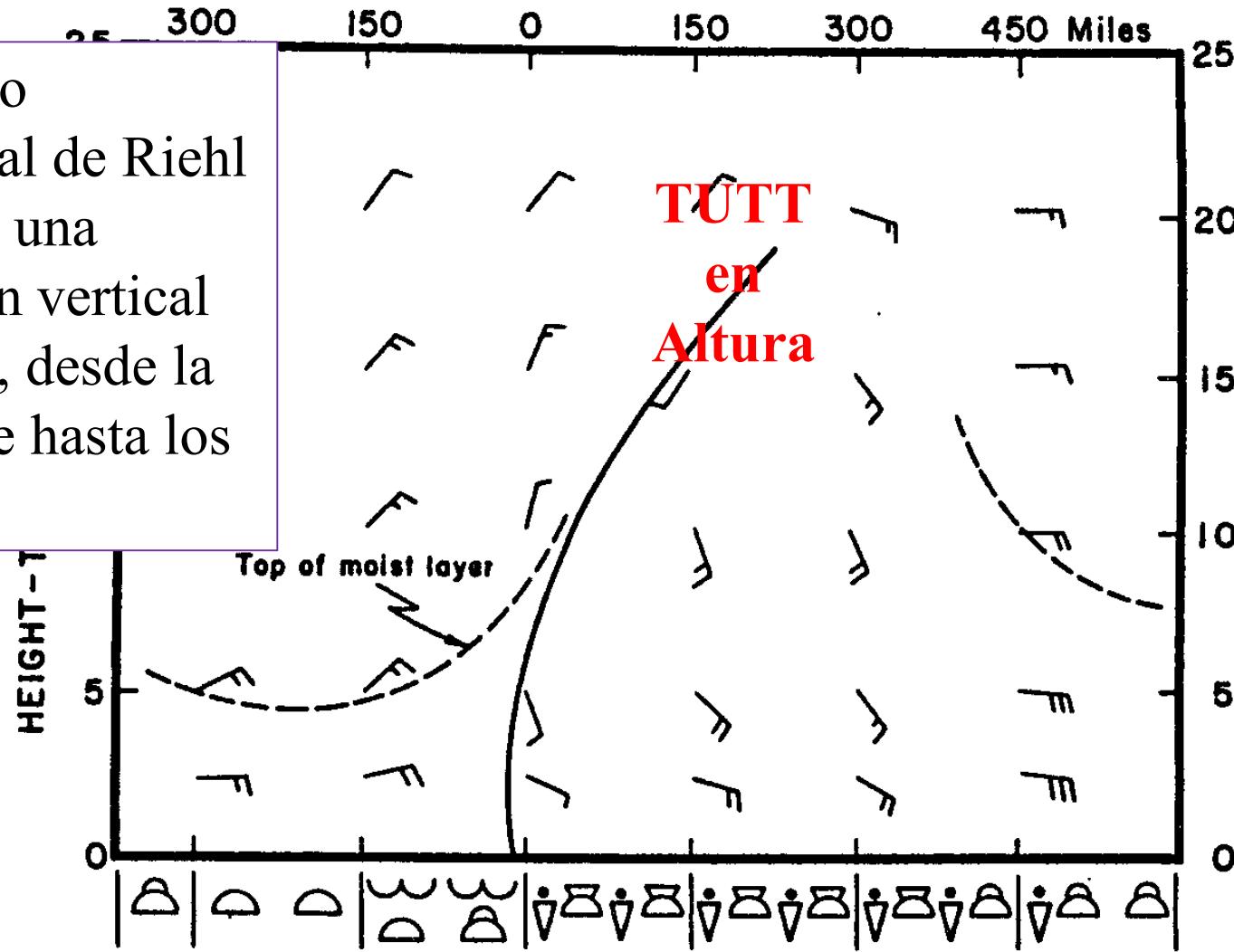
# Ondas Tropicales: Características

- **Núcleo (doble):** *Frío* en capas bajas/*cálido* en capas medias.
- **Mecanismo motor:** Calor latente de condensación.
- **Vorticidad:** Máxima rotación ciclónica típicamente en capas bajas (850 hPa) y disminuye con la altura.
- **Efecto de la cortante vertical (Vertical Wind Shear)**  
Débil → Mayor convección. Fuerte → Inhibe el desarrollo.
- **Tiempo asociado:**
  - “Buen tiempo” suele preceder a la onda.
    - +Convergencia en altura / divergencia en capas bajas.
    - +Patrón seco/subsidente.
  - “Mal tiempo” con su paso, convección activa al este.
    - + Divergencia en altura / convergencia en capas bajas.
    - + Capa húmeda más profunda.
  - Ciclo diurno de inestabilidad convectiva suele favorecer intensificación nocturna de la convección sobre el mar. Sobre tierra la convección se resalta por la tarde debido al calentamiento de la superficie por radiación solar.

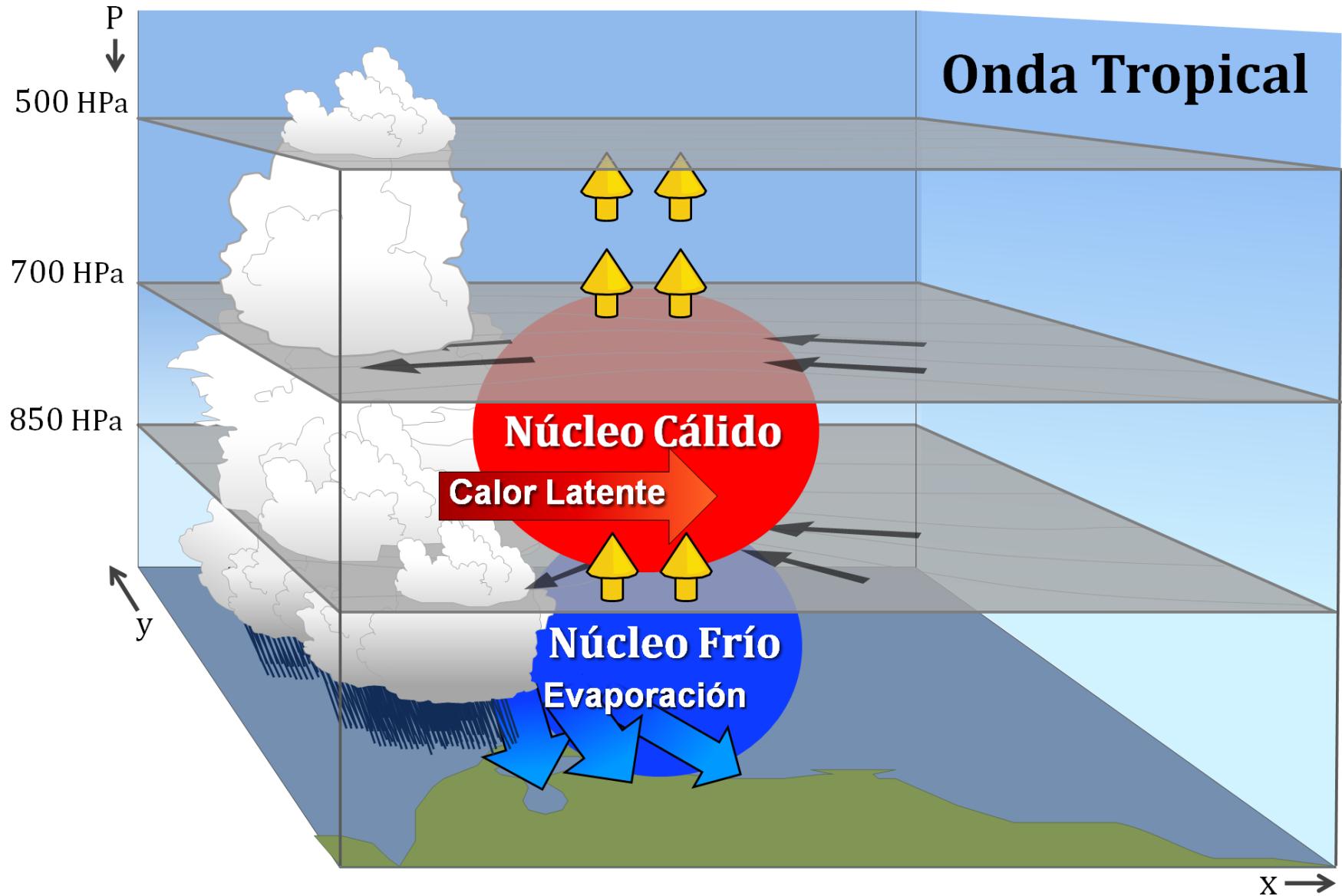
# Modelo Conceptual de Riehl

## Corte Vertical

El modelo conceptual de Riehl mostraba una expansión vertical profunda, desde la superficie hasta los 500 hPa.

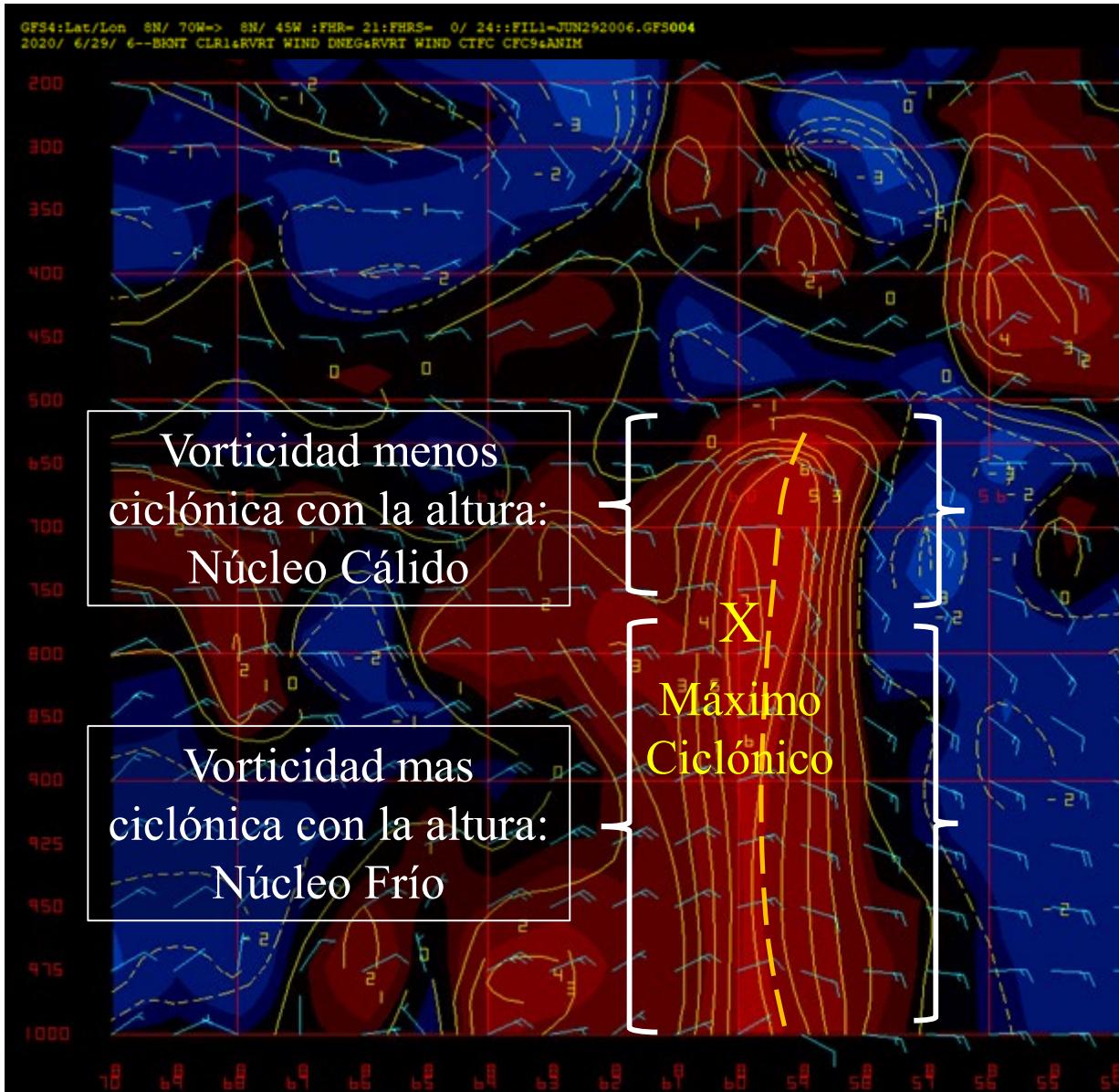


# Ondas Tropicales: Características *Núcleo Doble*



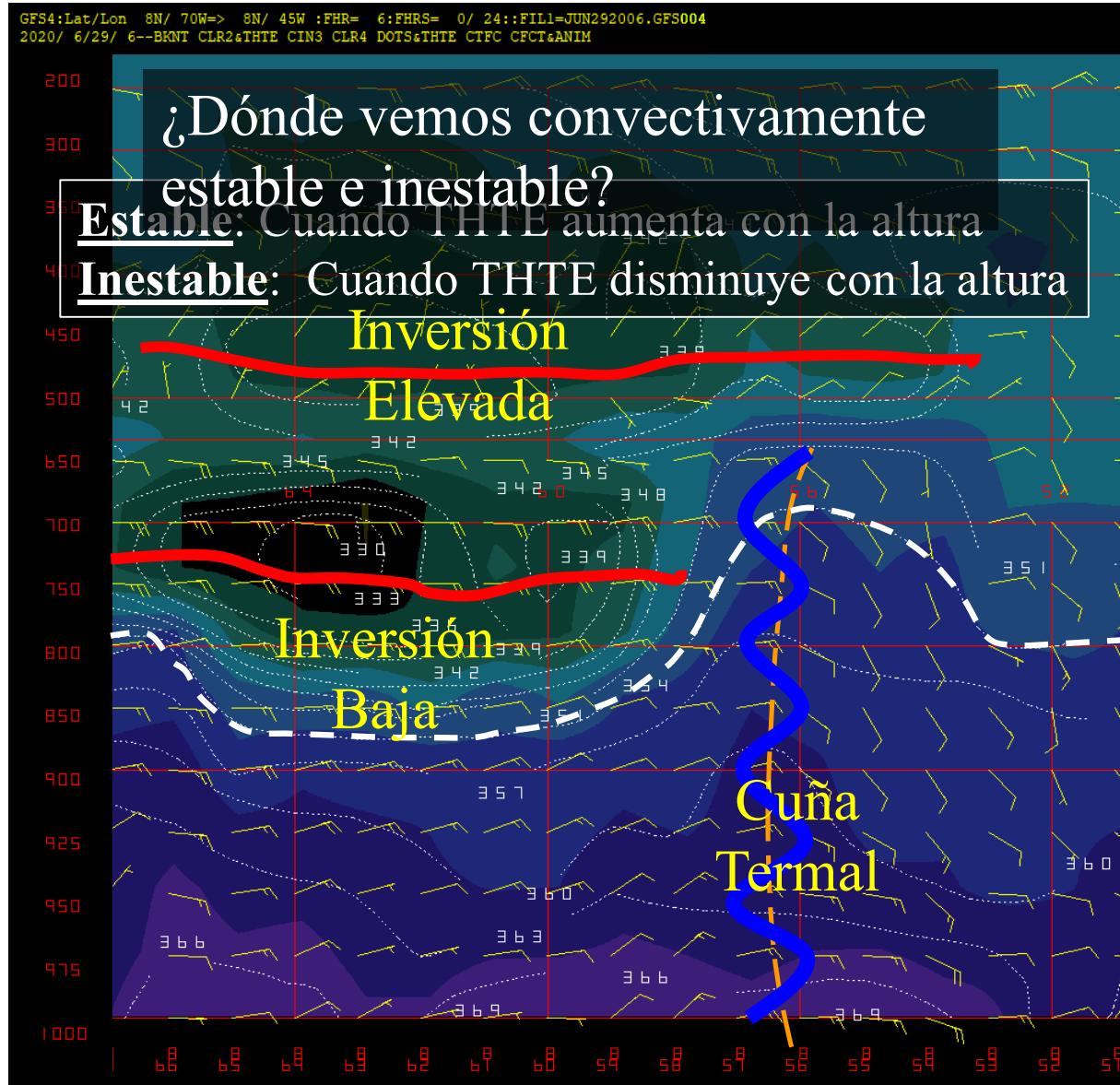
# Ondas Tropicales: Características

## Perfil Vertical de Vorticidad (Ciclónica en Rojo)



# Ondas Tropicales: Características

## Perfil Vertical de Temperatura Equivalente Potencial (THTE)



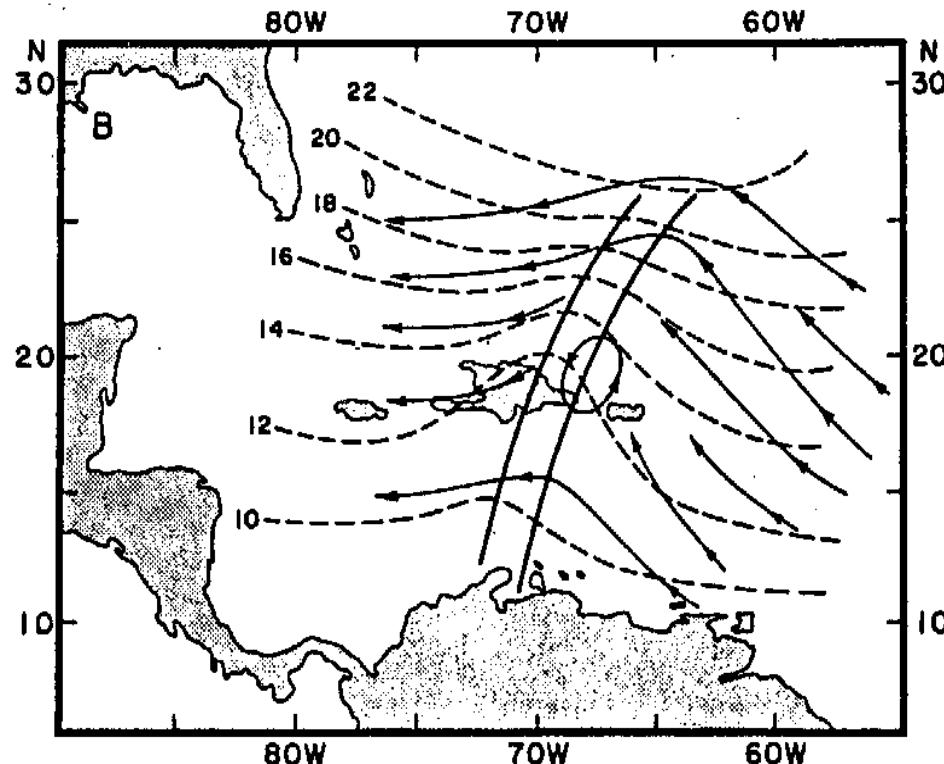
# Ondas Tropicales

## Aplicación del Modelo

### Conceptual

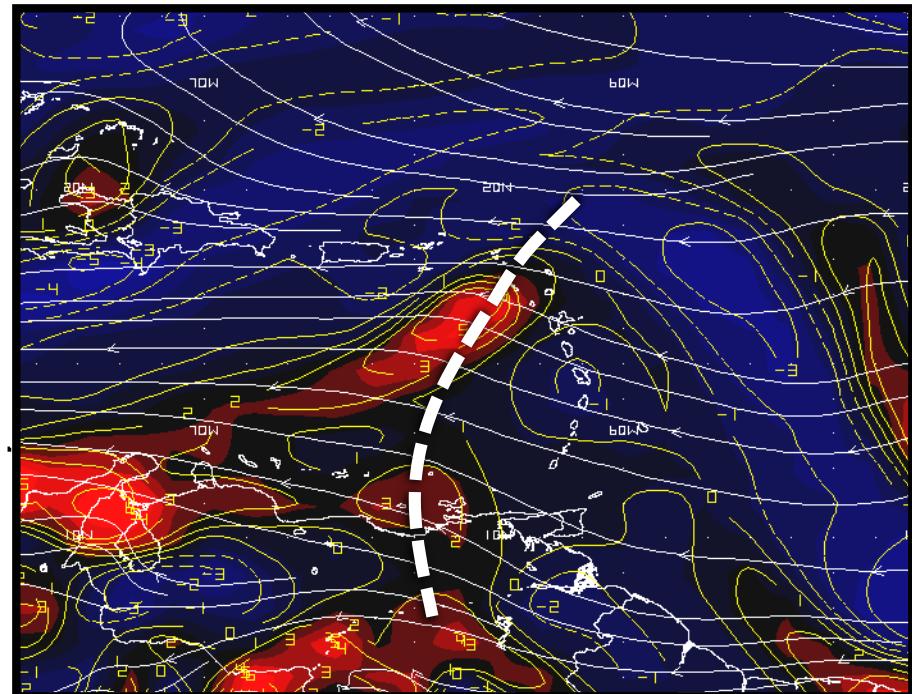
# Modelo Conceptual de Onda Tropical

## Plano horizontal



Modelo Conceptual de Riehl

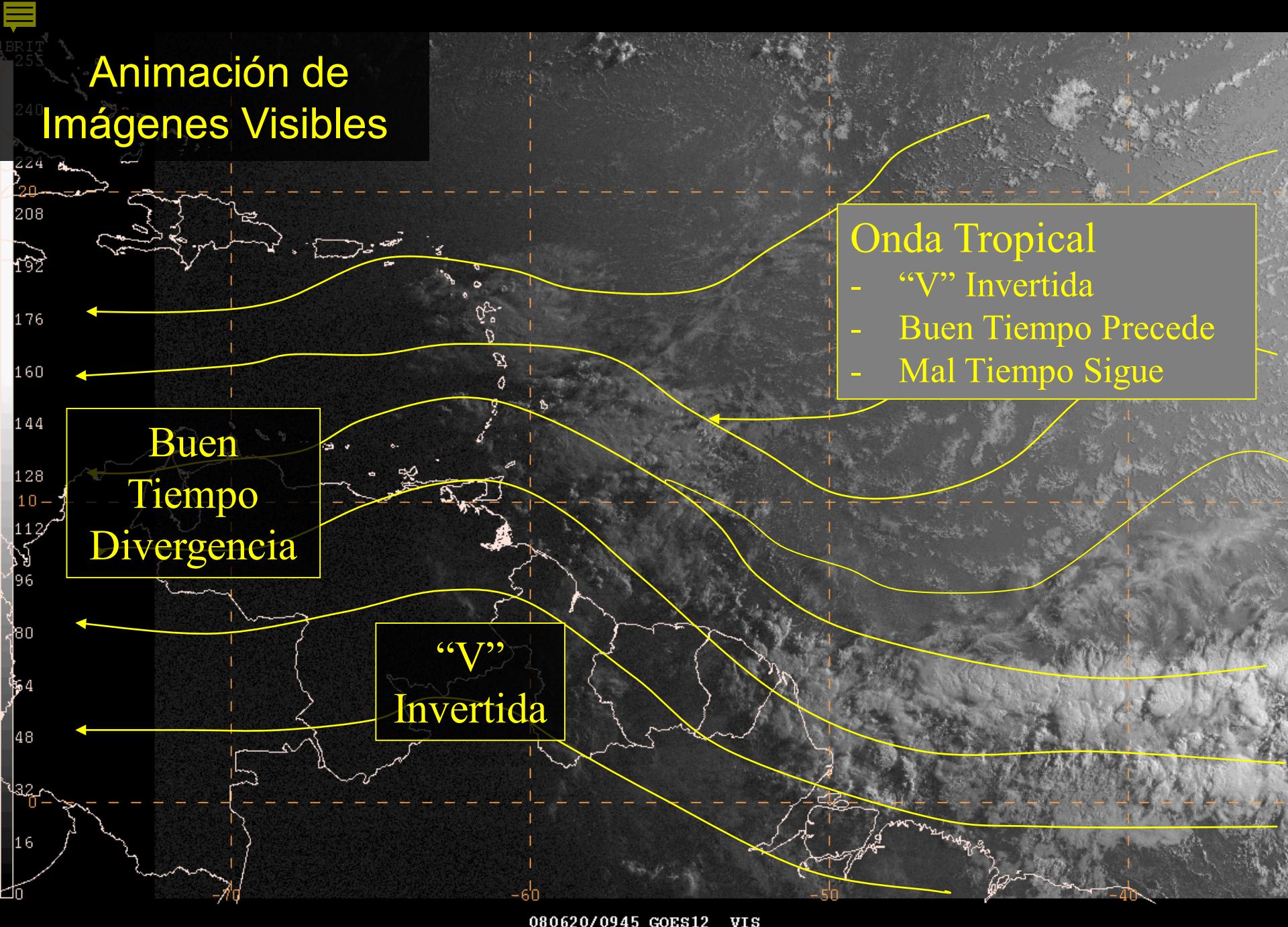
----- Presión al nivel del mar  
← Líneas de flujo



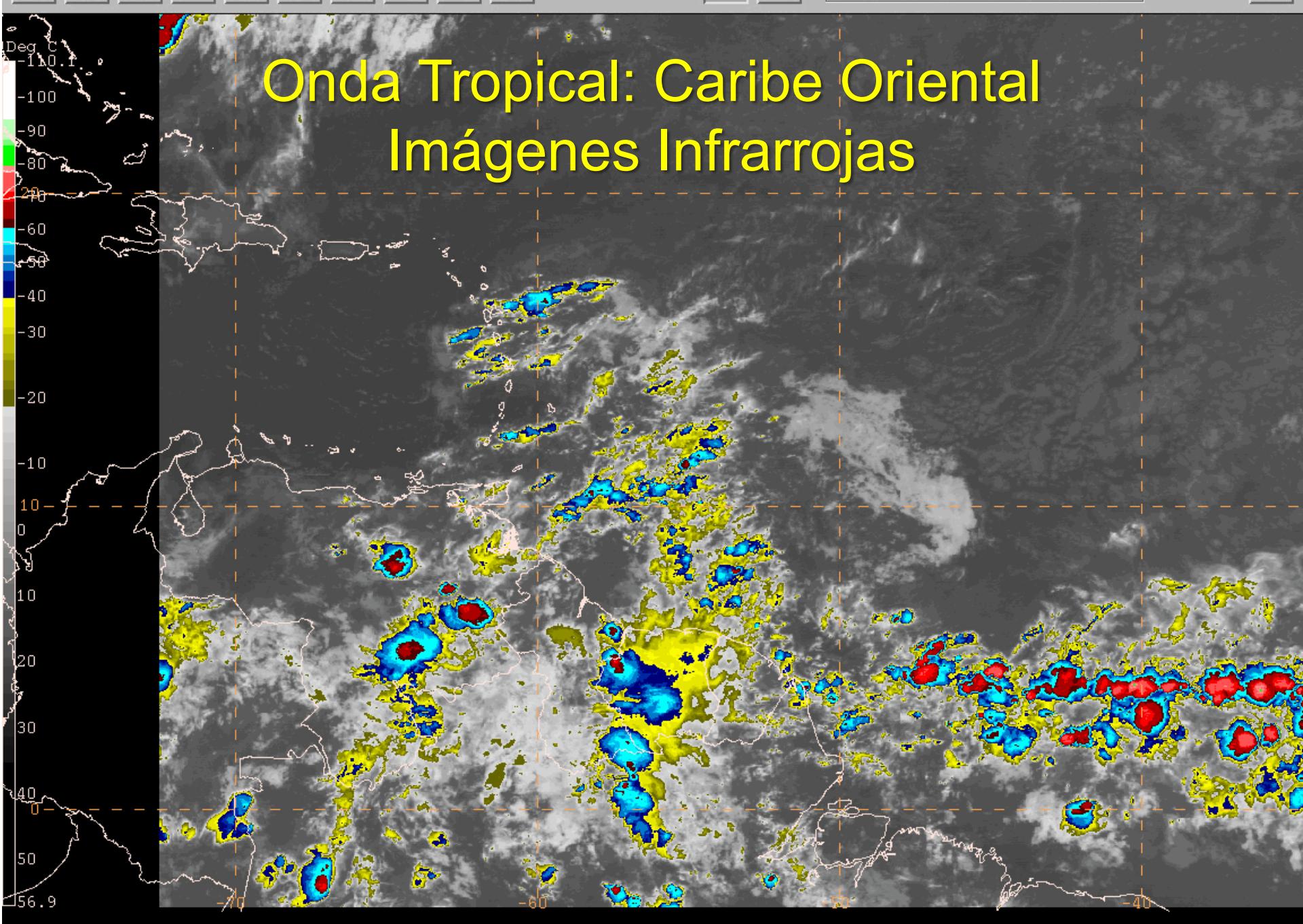
Modelo GFS (850 hPa)

■ Vort. Ciclonica. ■ Vorticidad  
← Líneas de flujo      Anticiclónica

# Animación de Imágenes Visibles



# Onda Tropical: Caribe Oriental Imágenes Infrarrojas

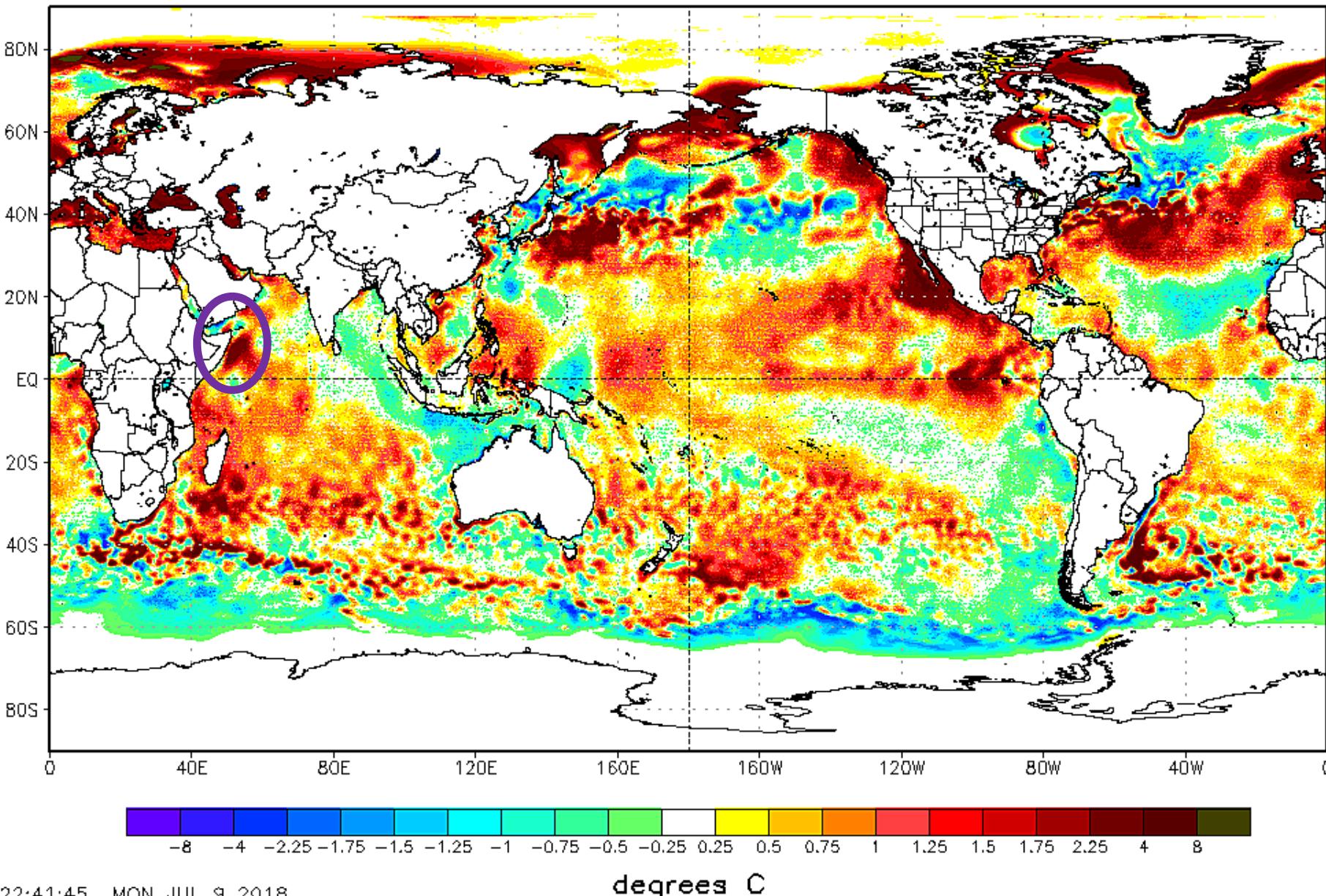


080620/0245 GOES12 IR4

# African Easterly Waves

## Ondas del Este de Origen Africano

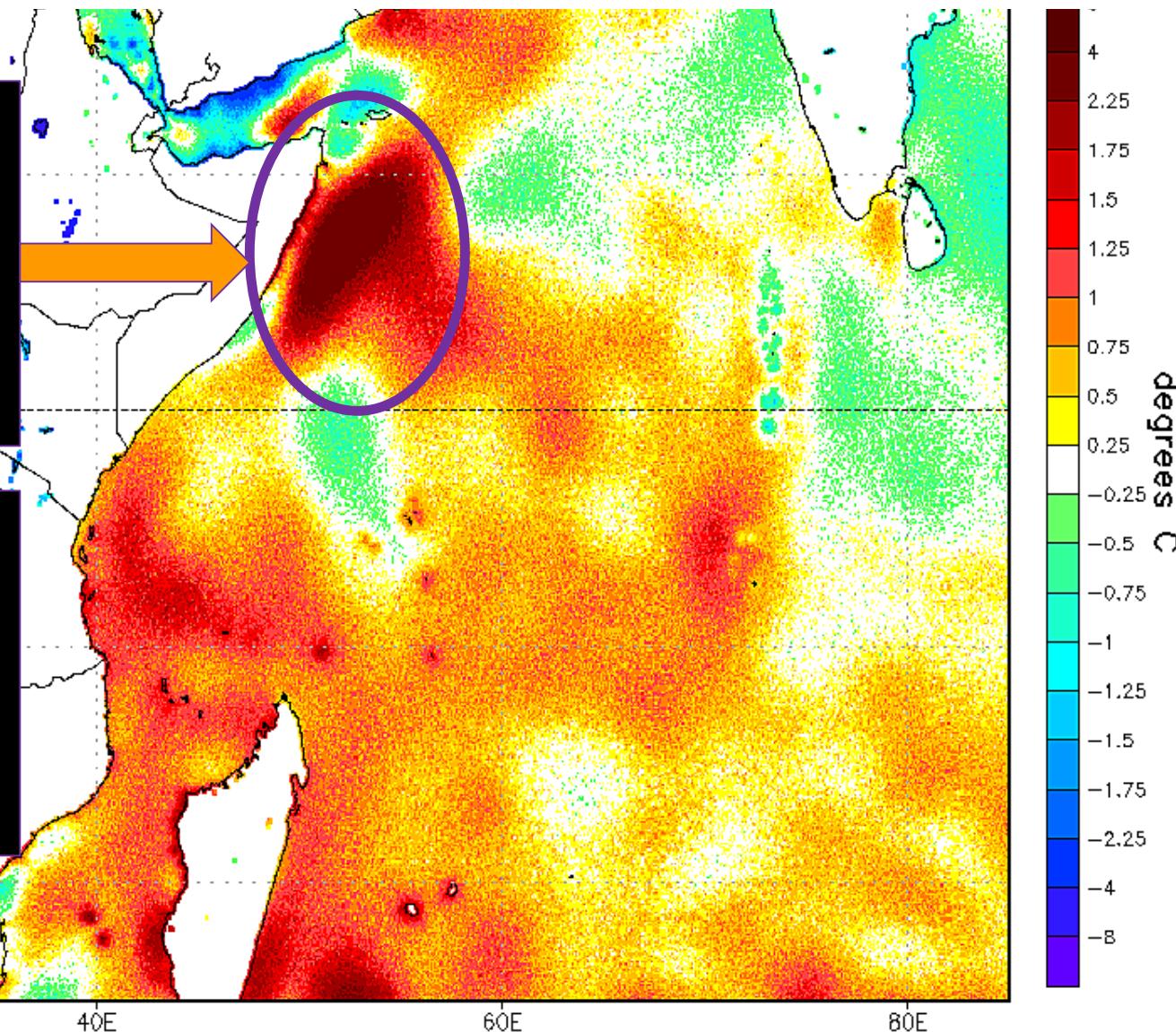
# Influencia Marítima en la Formación de Ondas Tropicales (Anomalías de Temperatura del Mar)



# Influencia Marítima en la Formación de Ondas Tropicales

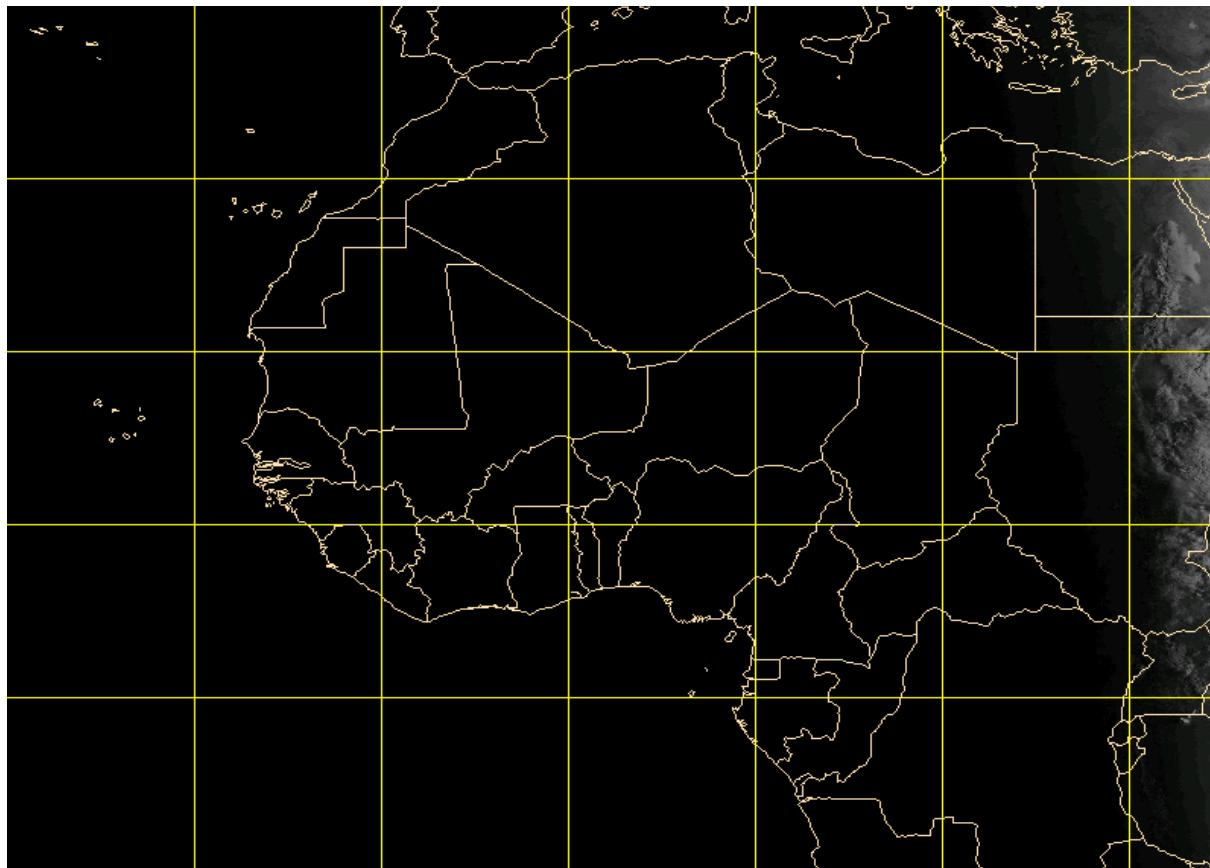
Anomalías cálidas en el Cuerno de África contribuyen a la generación de ondas tropicales

Anomalías frías son lo opuesto, inhibiendo el desarrollo de las ondas.



# Origen de las Ondas Tropicales

## África Tropical del Norte

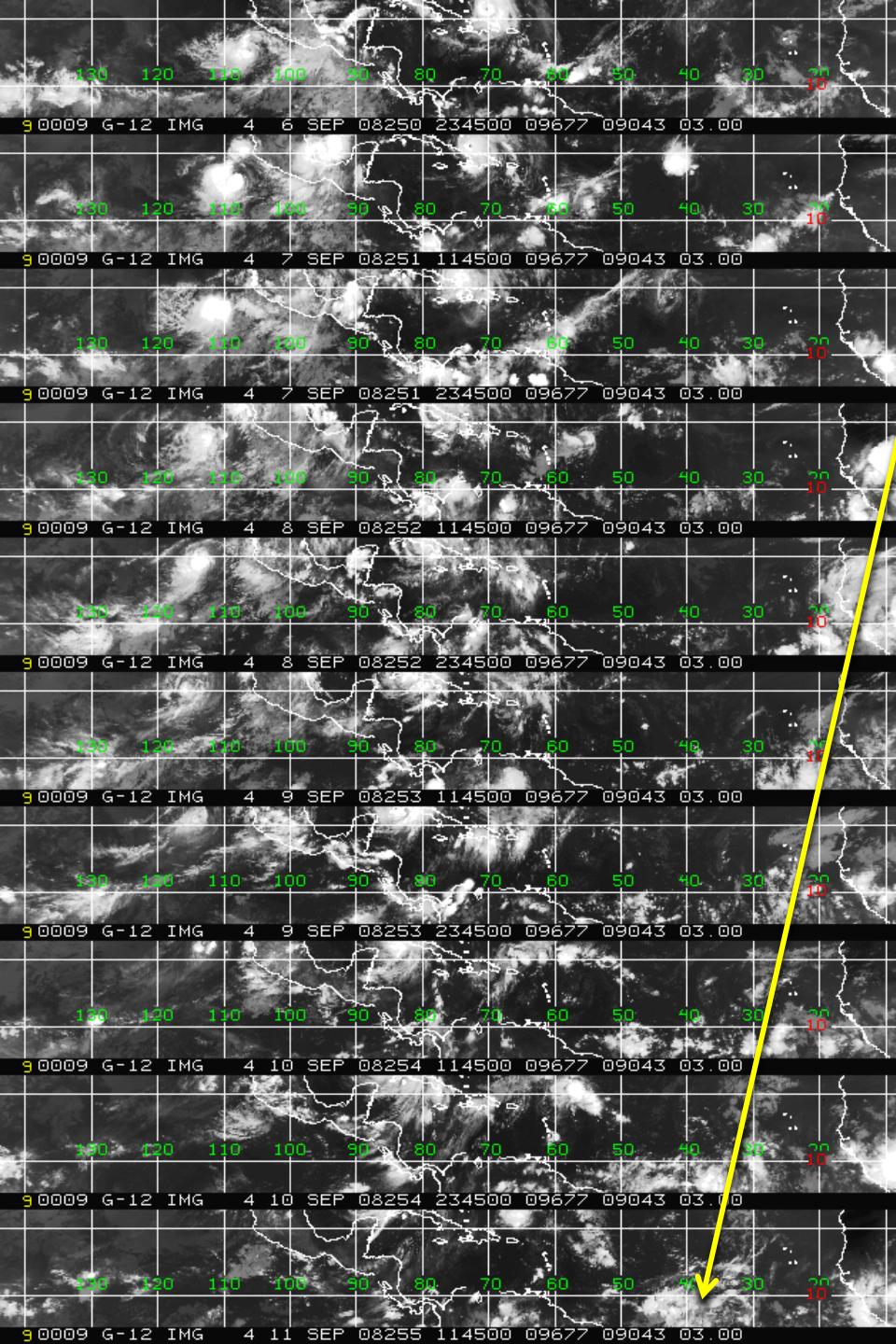


# Diagrama Hovmöller

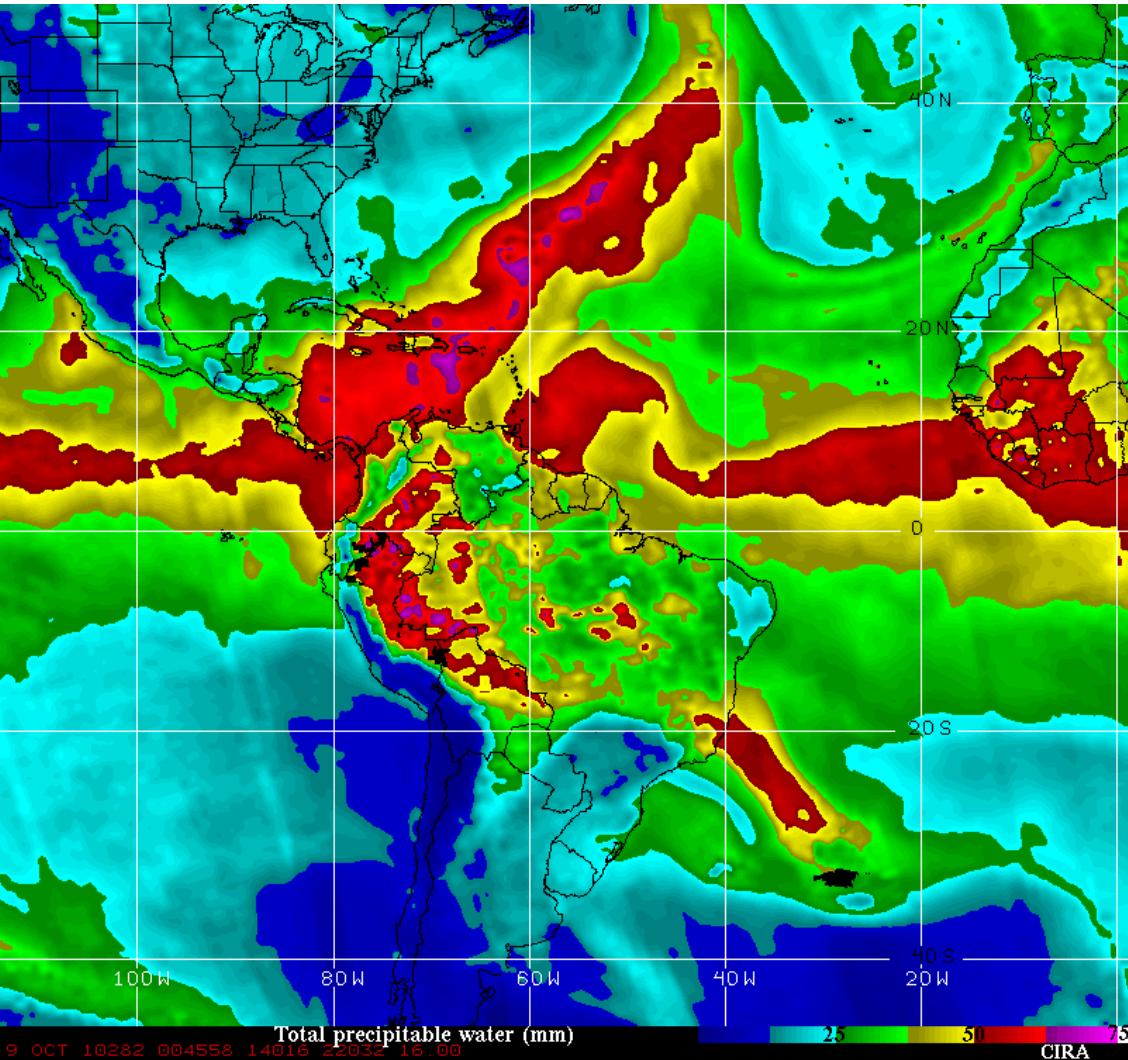
[http://www.nhc.noaa.gov/analysis\\_tools.shtml](http://www.nhc.noaa.gov/analysis_tools.shtml)

El diagrama Hovmöller nos permite evaluar los orígenes de las ondas. Así podemos establecer si su génesis ocurre en África.

Tiempo



# Satellite Derived TPW Analysis



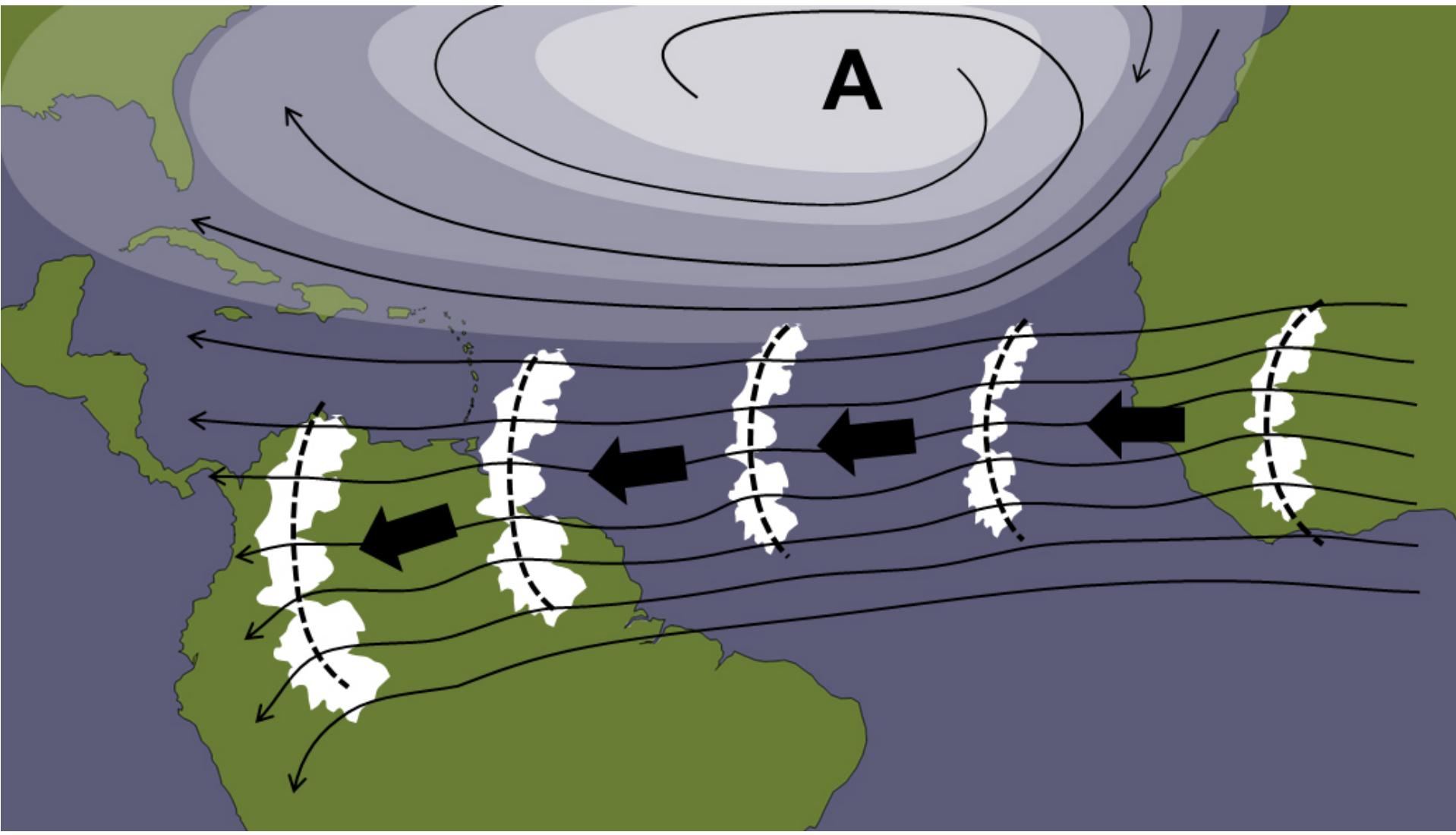
El análisis de agua precipitable es otra herramienta que podemos utilizar para establecer origen de las ondas y darle seguimiento.

- En este ejemplo se ve una saliendo de África según otra entra el este del Caribe.

# Propagación

- La trayectoria que siguen las ondas tropicales y la amplitud de onda que mantienen, según se propagan por el Atlántico-Caribe, es una función de la dorsal subtropical en bajo nivel.
- **Dorsal Fuerte**: Ondas de menor amplitud/propagación rápida.
- **Dorsal Débil**: Ondas de mayor amplitud/lenta propagación.

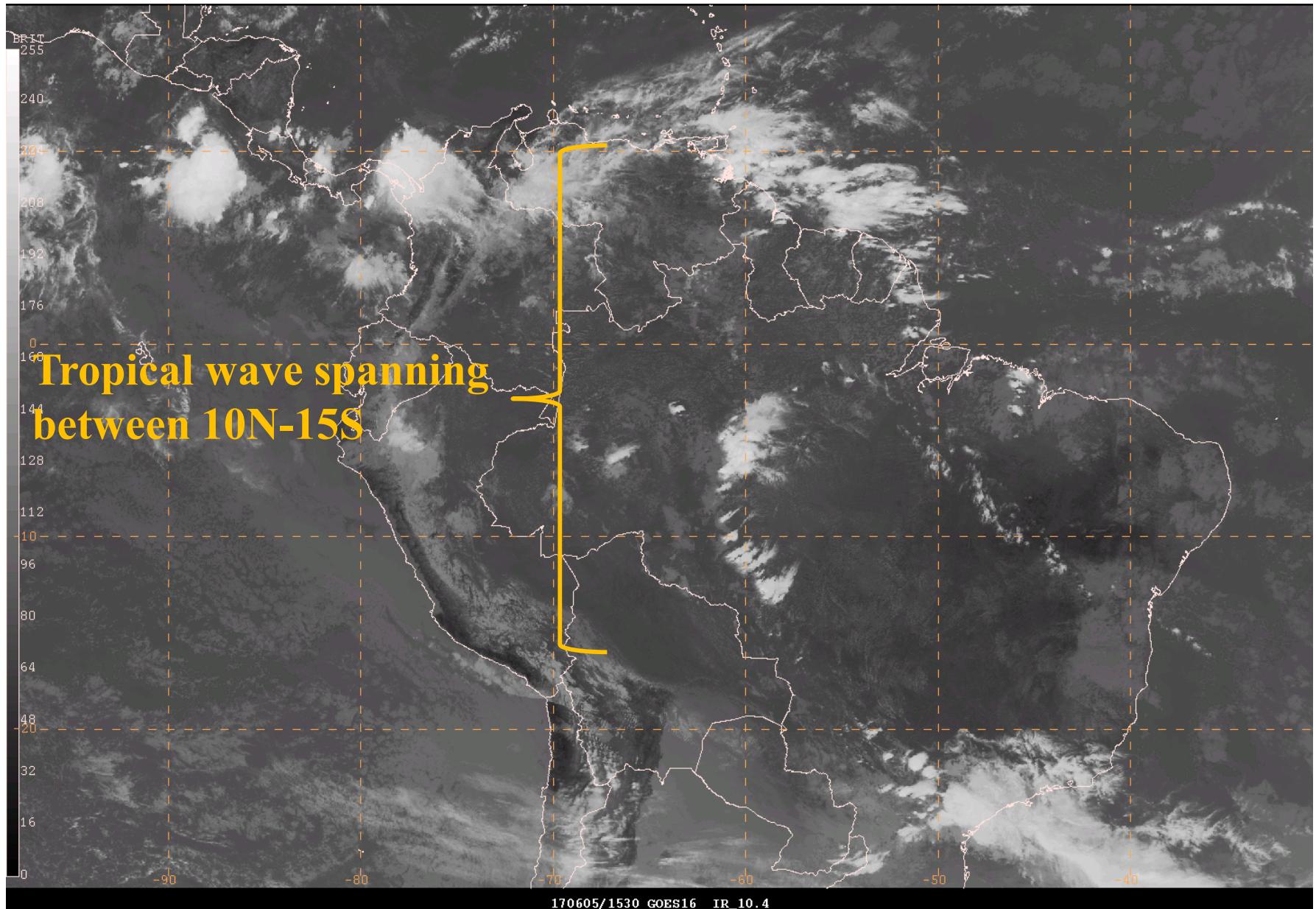
# Propagación Típica de las Ondas Tropicales Mayo-Junio



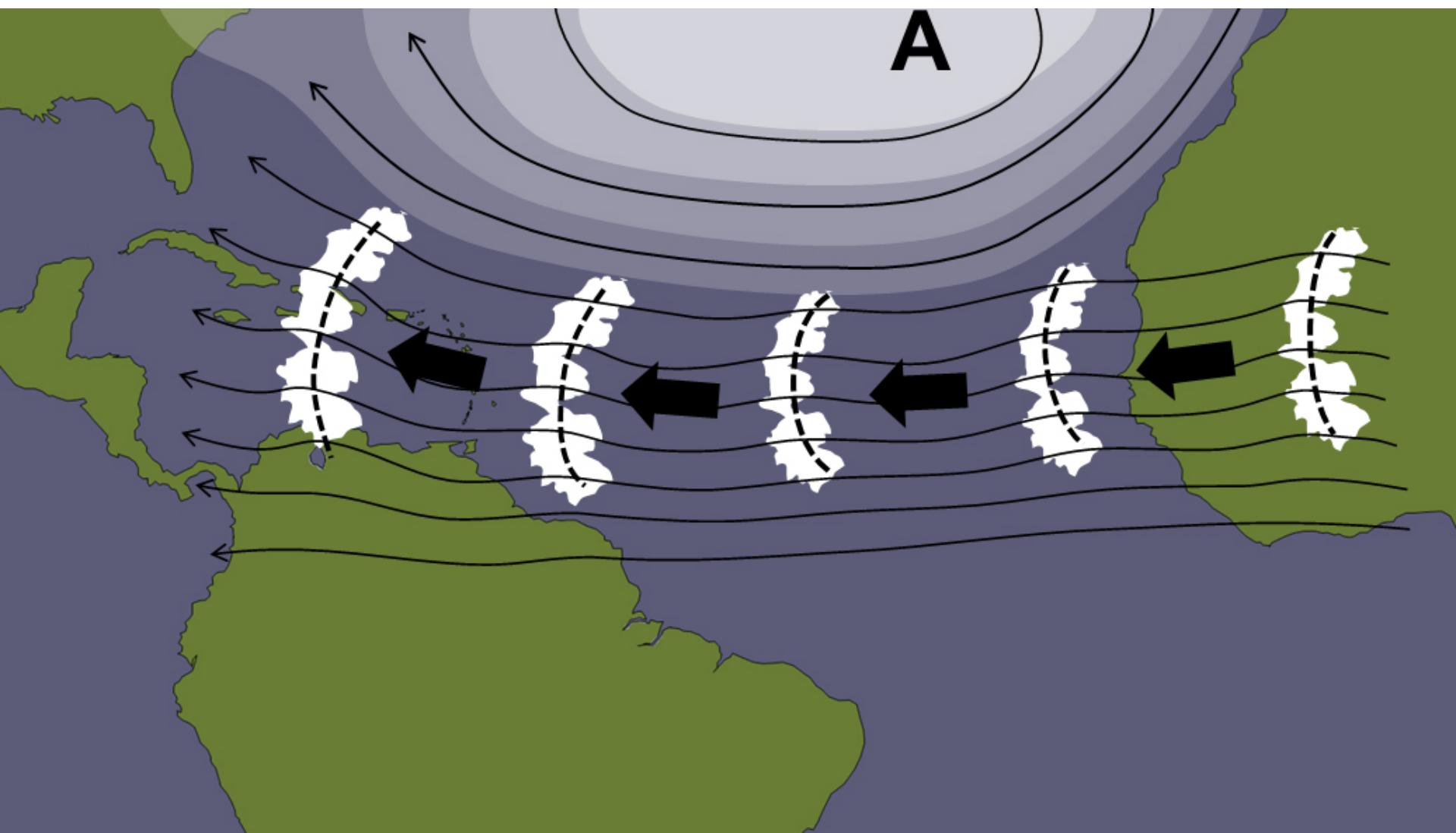
# Circulación de la Onda en Sudamérica Ecuatorial



# Onda Tropical a Inicios de Temporada



# Propagación Típica de las Ondas Tropicales Julio-Octubre

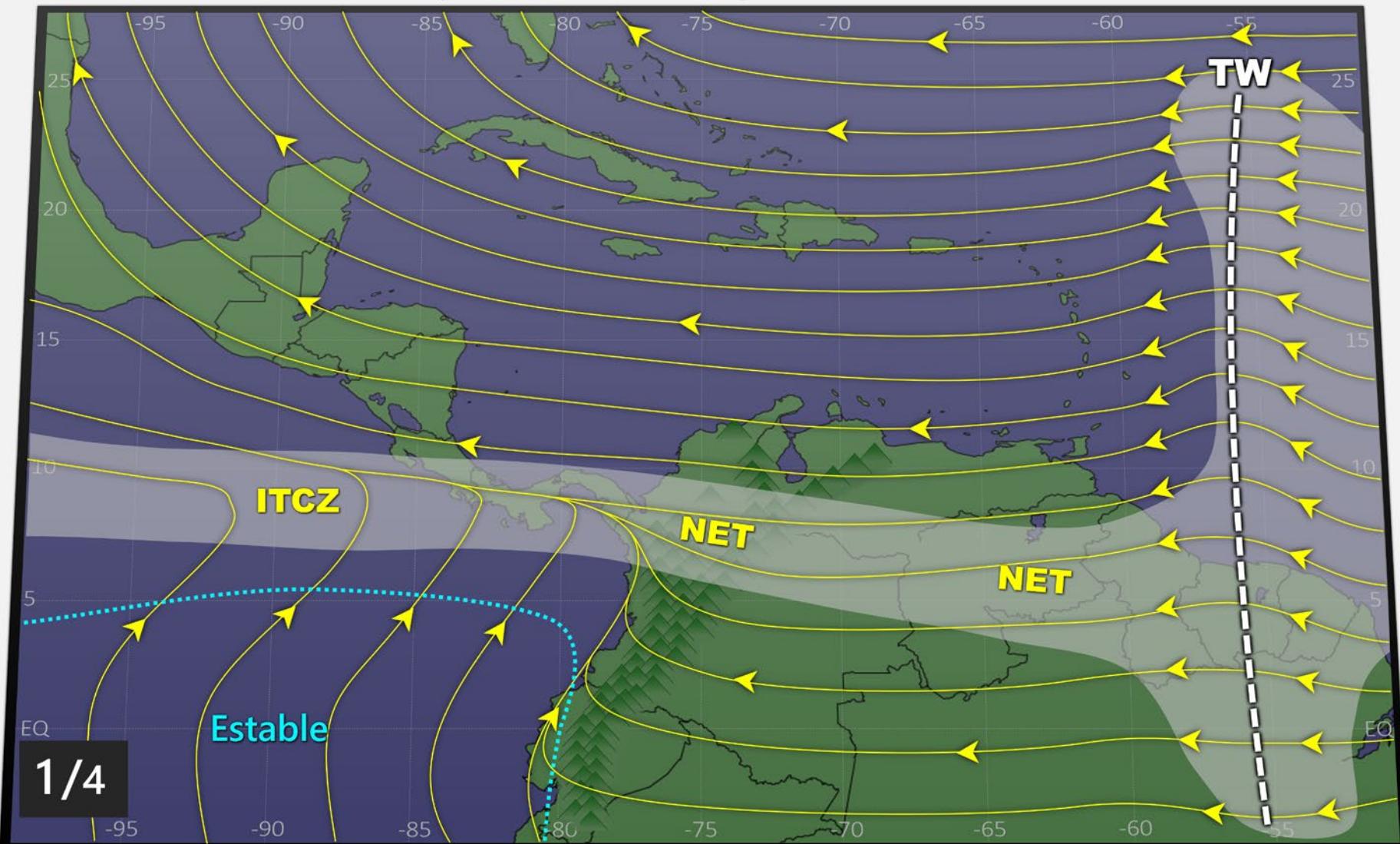


# Onda Tropical (Amplitud de Onda)

- La amplitud de una onda no es constante.
- Varia según interactúa con dorsales, terreno en Sudamérica y la ITCZ
  - Atlántico Tropical y Norte de Sudamérica
    - 2,000-3,000Km (Sinóptico)
  - América Central/Caribe Occidental- México
    - 800-1,500Km (Meso- $\alpha$ )

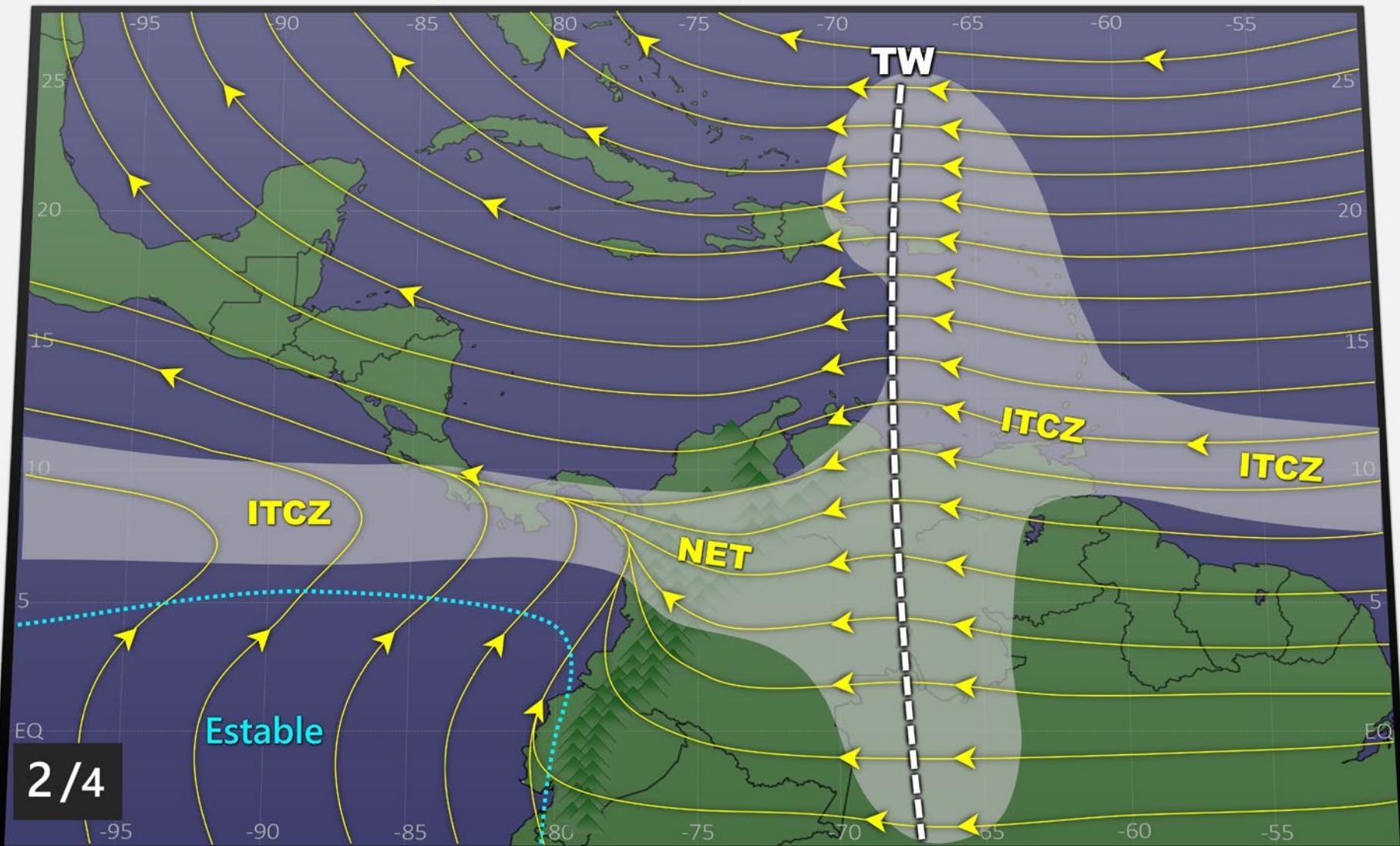
# Variación de la Amplitud de la Onda

Evolución típica de Ondas Tropicales al cruzar las Américas



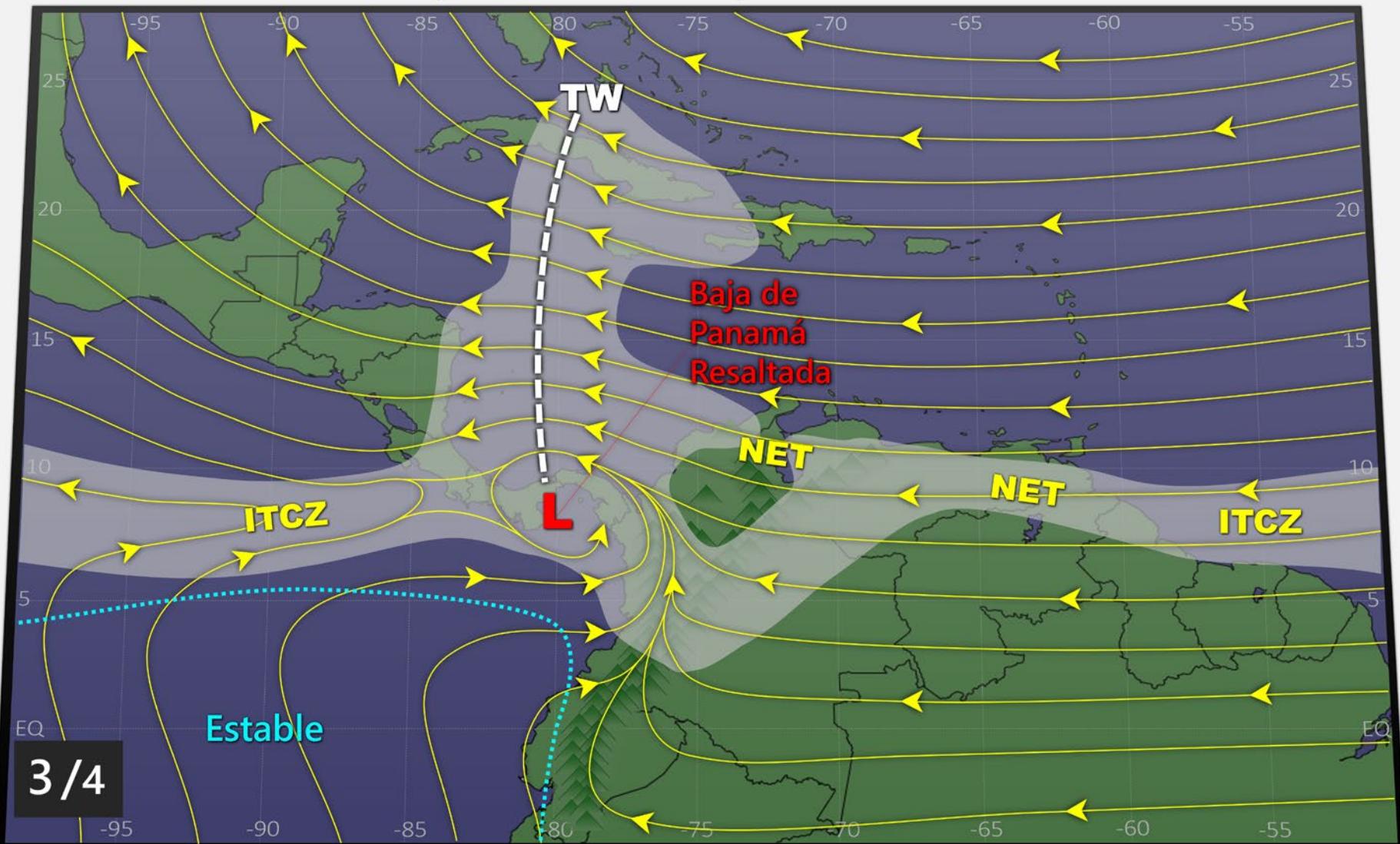
# Variación de la Amplitud de la Onda

Evolución típica de Ondas Tropicales al cruzar las Américas



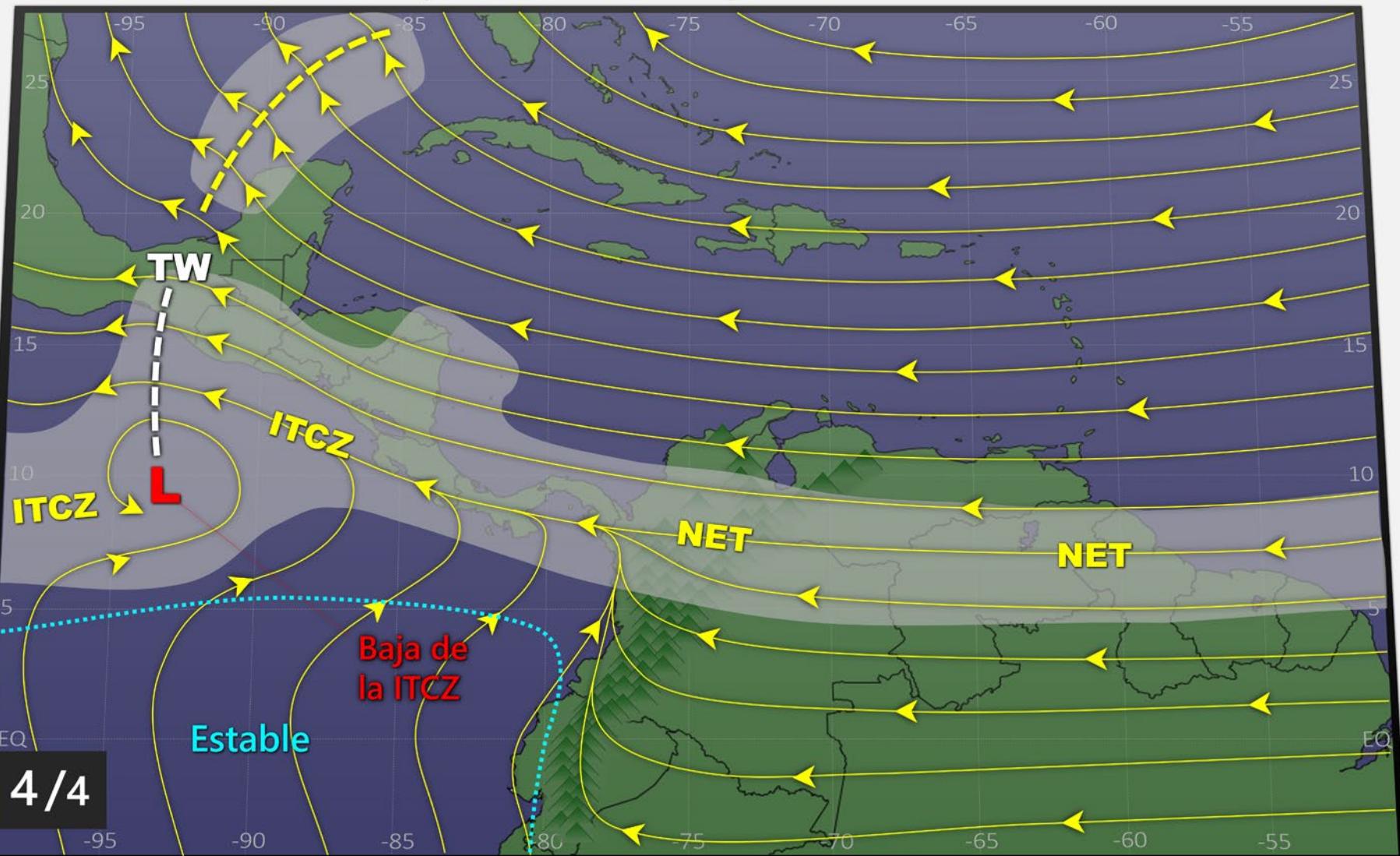
# Variación de la Amplitud de la Onda

Evolución típica de Ondas Tropicales al cruzar las Américas



# Variación de la Amplitud de la Onda

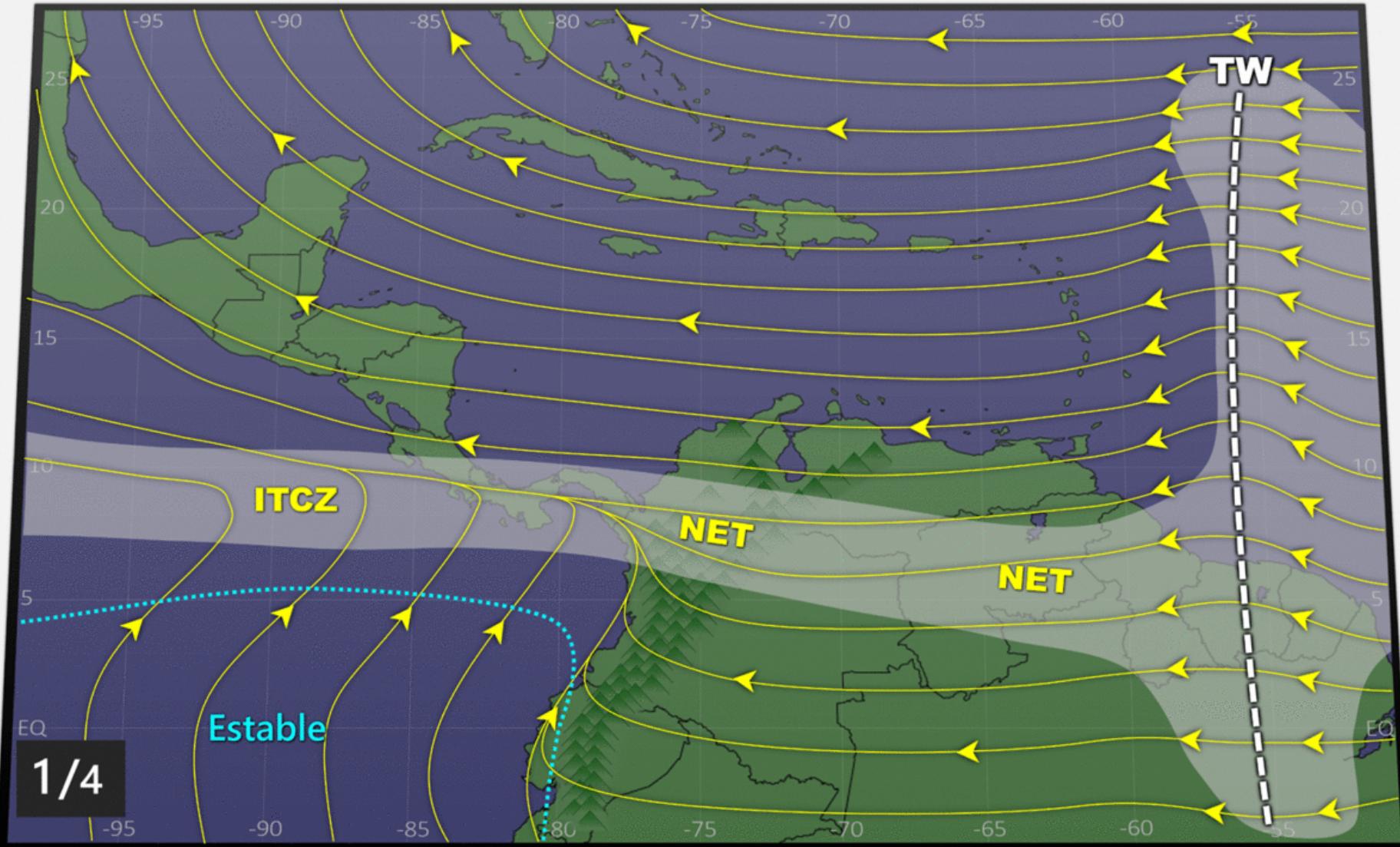
Evolución típica de Ondas Tropicales al cruzar las Américas



4/4

# Animación - Variación de la Amplitud

Evolución típica de Ondas Tropicales al cruzar las Américas



# Encuesta #1

Question: Las ondas Africanas del Este (AEW)  
(Seleccione las aplicables>Select all that apply)

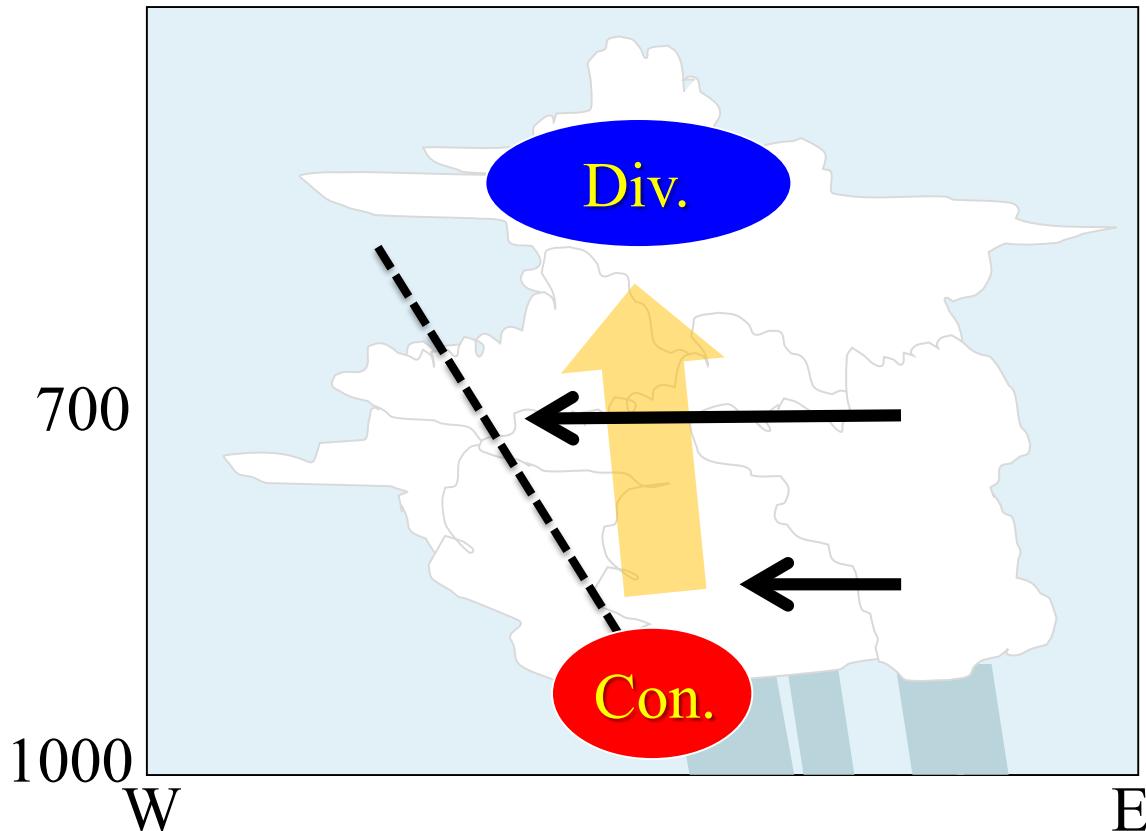
- Son ondas tropicales
- Abarcan desde la superficie hasta los 500 hPa
- Se confinan a la atmósfera baja debajo de los 700 hPa
- Son de doble núcleo, frías debajo/cálida sobre los 800 hPa.

# **Ondas Positivas vs. Negativas**

## **Estructura Vertical**

# Inclinación Positiva

- Son las más comunes y afectan toda la cuenca.
- Observadas cuando el viento aumenta con la altura.
  - Vientos en 700 hPa más intensos que en 850 hPa.



Por ello, eje vertical se orienta hacia el oeste con la altura.

Convergencia a lo largo y subsiguiente al paso de la onda.

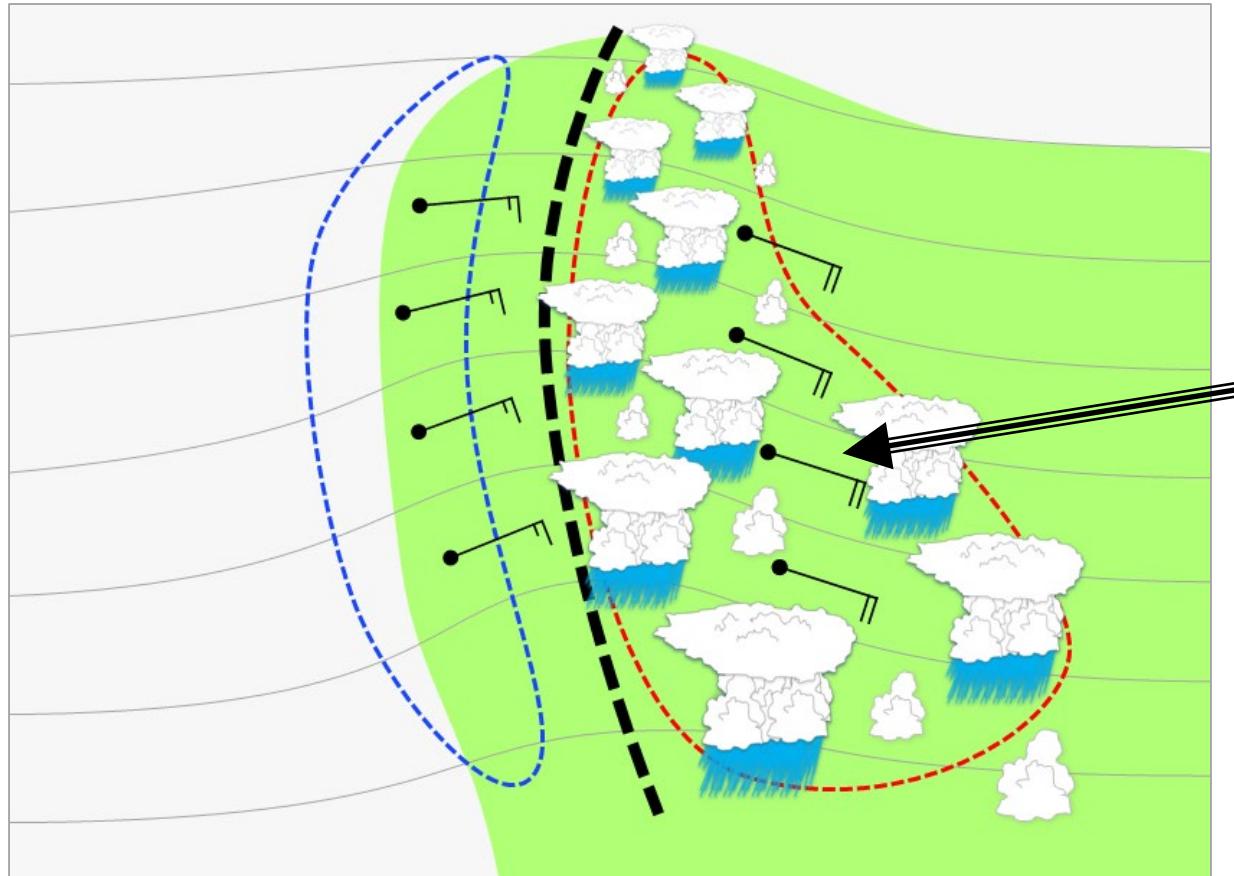
# Inclinación Positiva

## Características

- Velocidad de propagación de 10-15kt
- Buen tiempo precede el paso de la onda
- Convección con y siguiente al paso de la onda
- La actividad convectiva puede durar entre 6-9 horas

# Inclinación Positiva

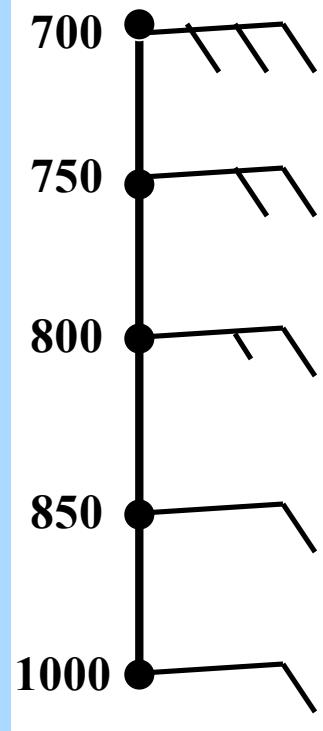
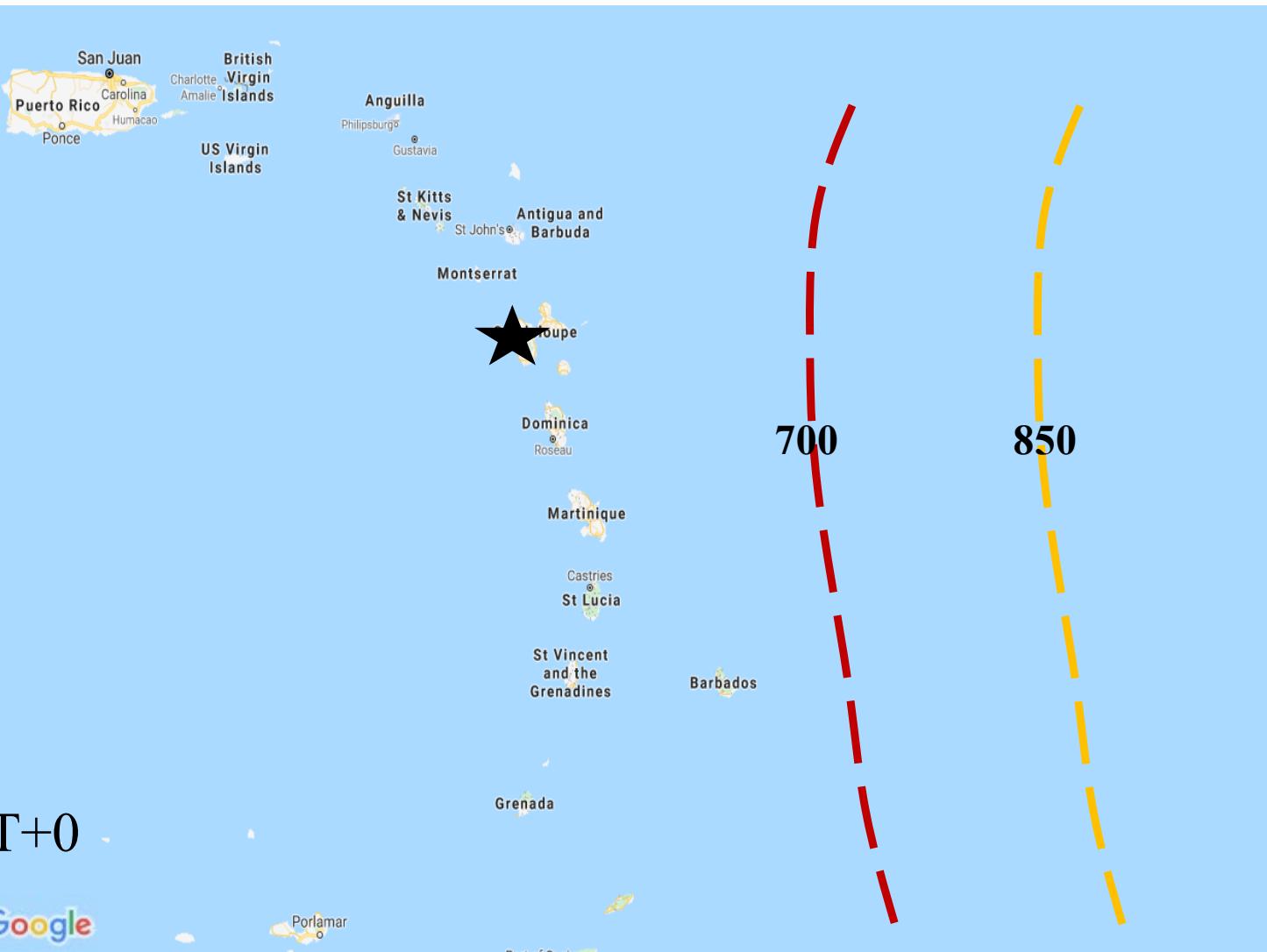
## Vista Horizontal



Humedad y  
convergencia en  
bajo nivel están  
en fase.

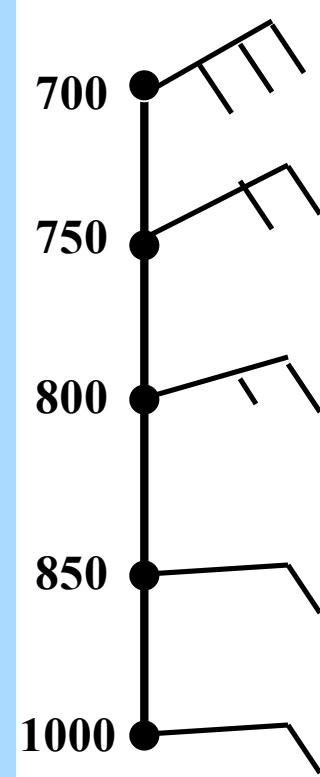
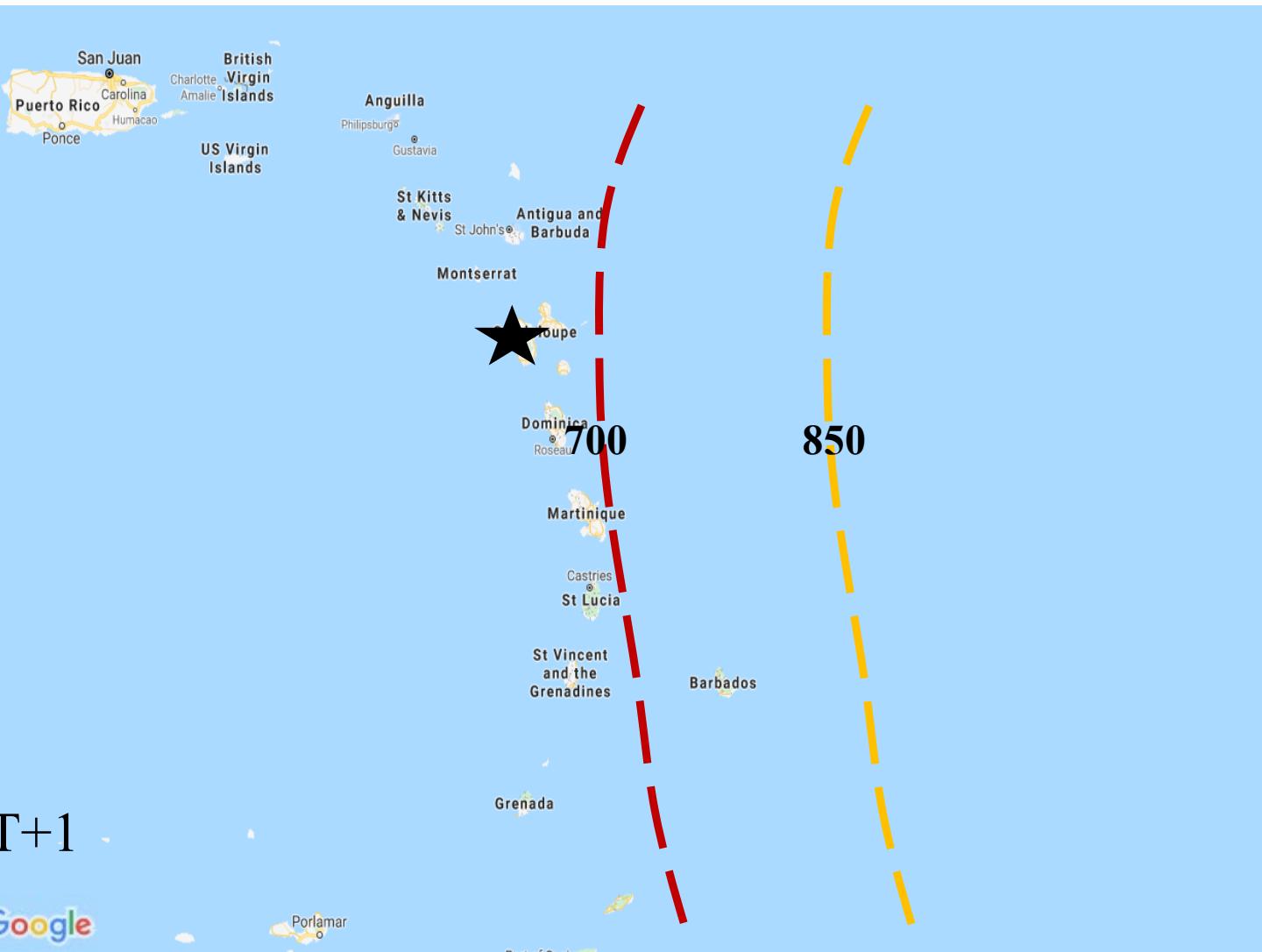
# TW: Inclinación Positiva

- La vaguada en 700 hPa yace al oeste de la vaguada en 850 hPa.



# Perfil de Vientos - TW: Inclinación Positiva

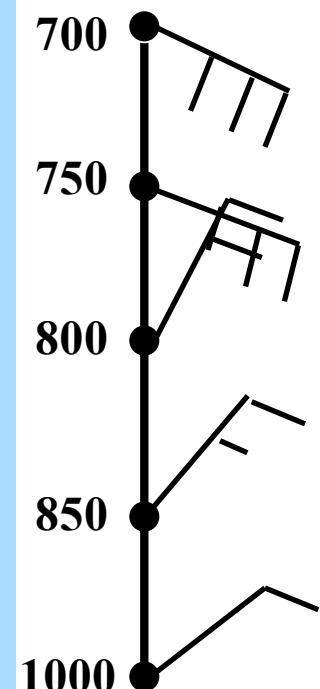
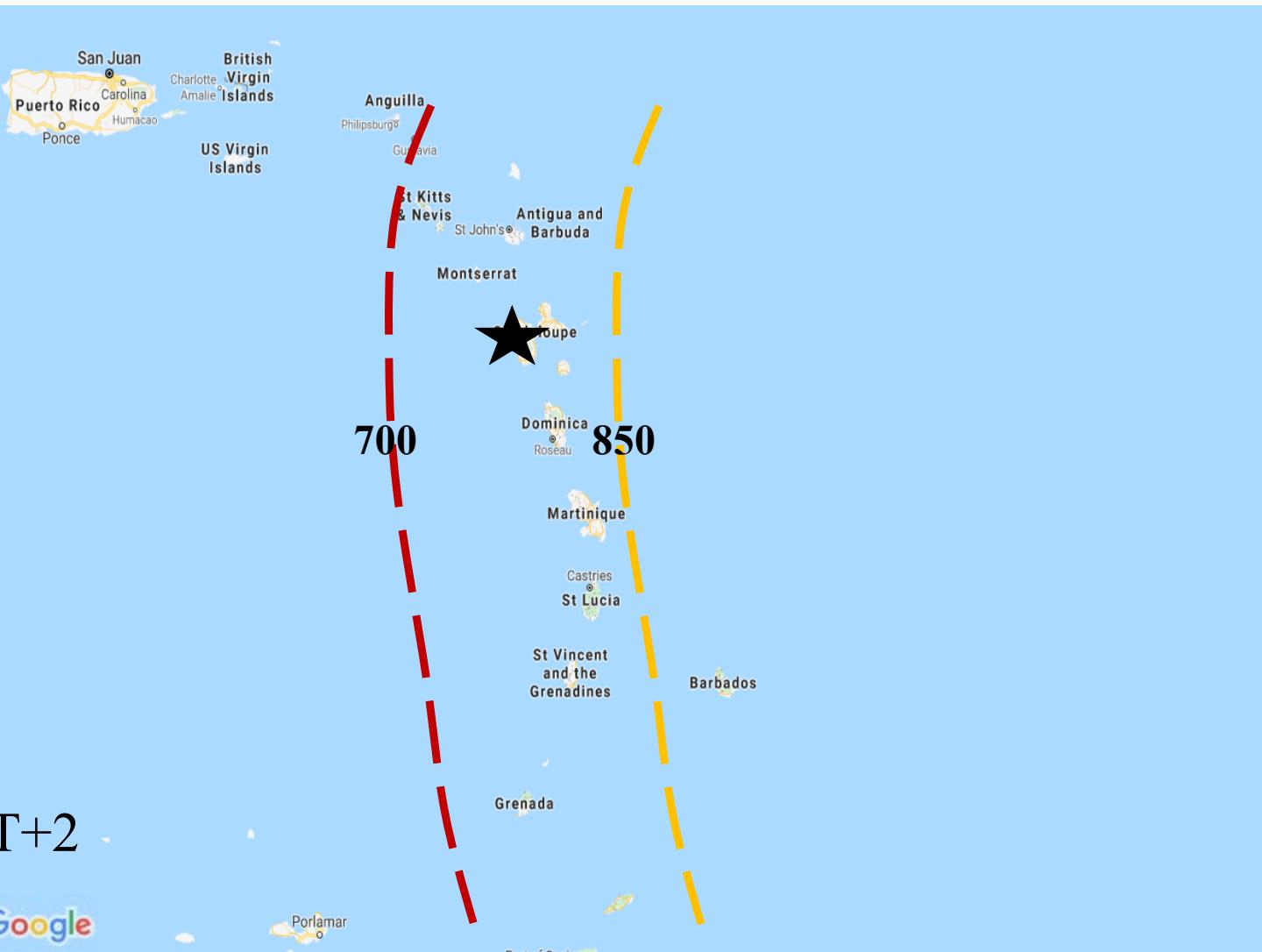
- Al aproximarse la vaguada en 700 hPa, los vientos rotan hacia el NE en 700 hPa antes que en 850 hPa.



T+1

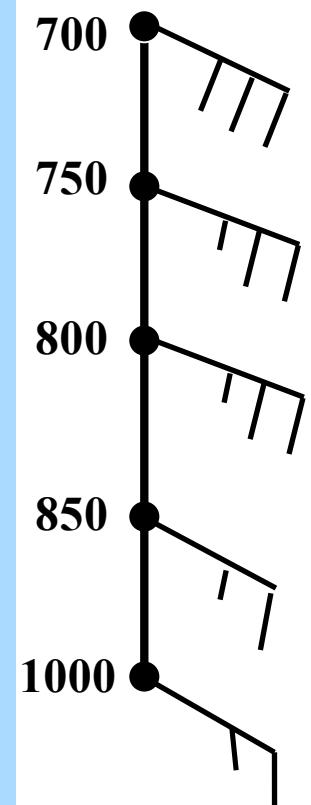
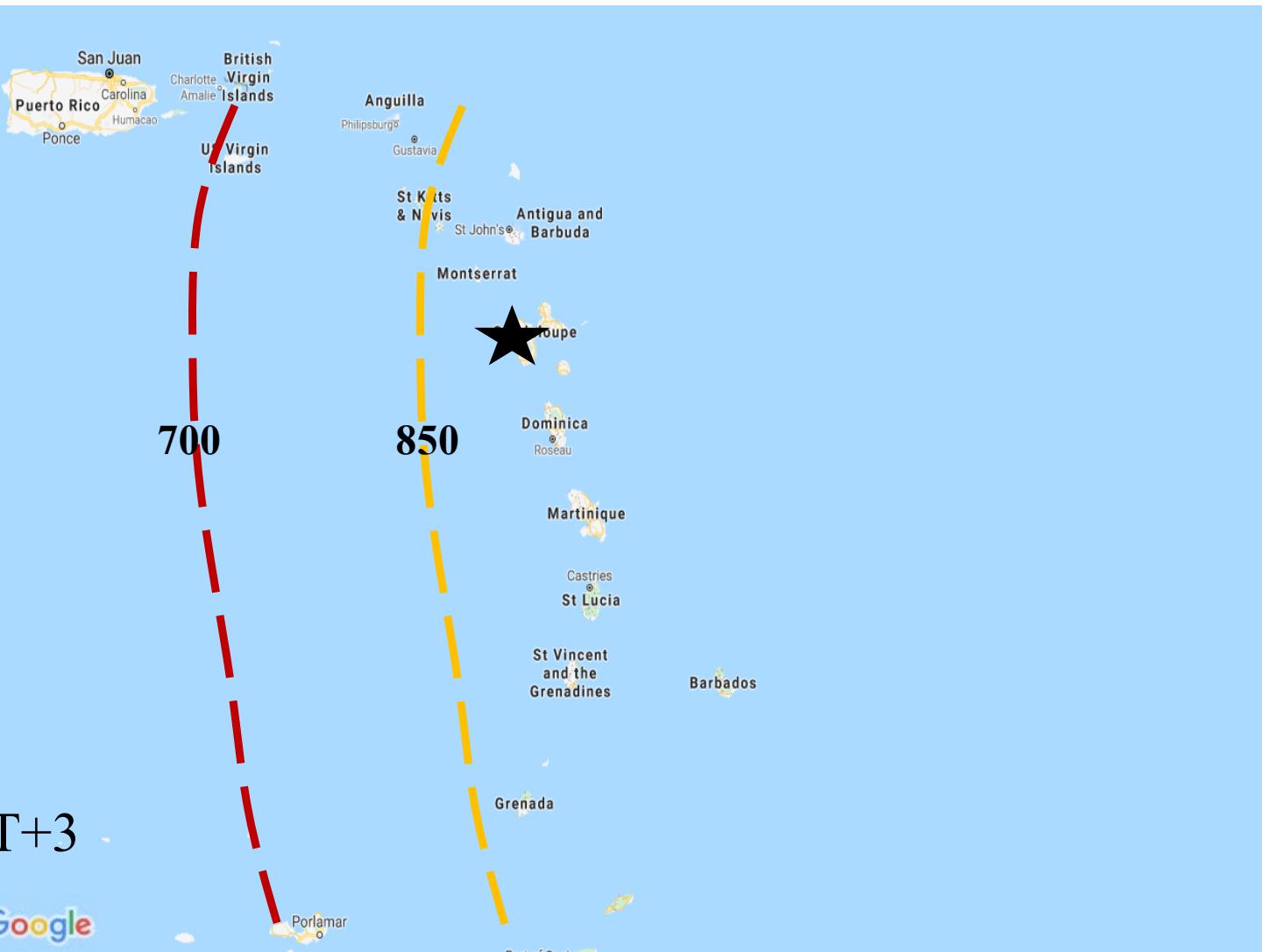
# Perfil de Vientos - TW: Inclinación Positiva

- Al pasar la vaguada en 700 hPa, los vientos rotan hacia el SE
- Al aproximarse la vaguada en 850 hPa, los vientos rotan al NE.



# Perfil de Vientos - TW: Inclinación Positiva

- Subsiguientemente, al pasar la vaguada en 850 hPa, los vientos en la columna toman componente SE.



# Ejemplo Onda Tropical: Inclinación Positiva

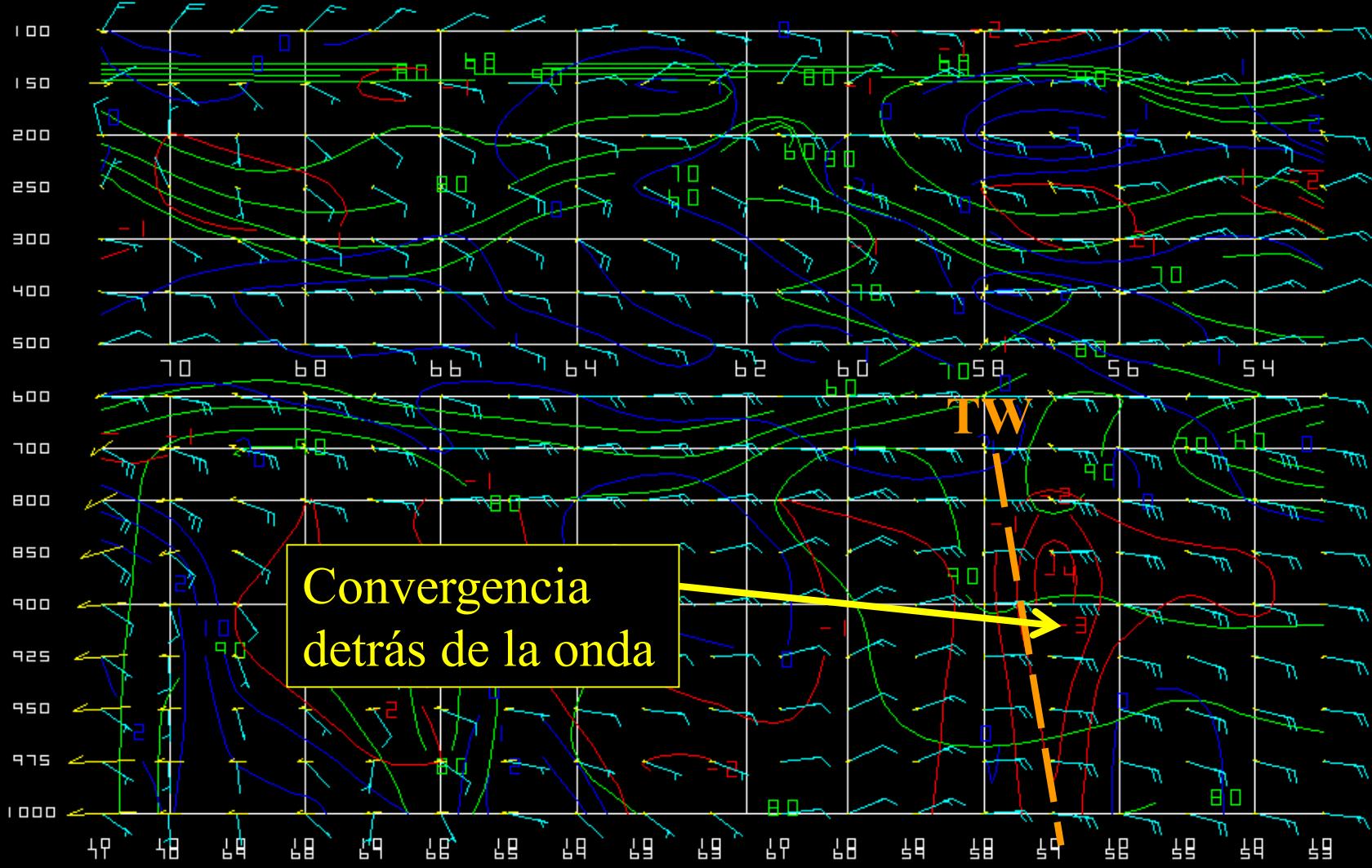


Convección y  
tiempo presente  
con y siguiente  
paso de la onda.

# Corte Onda Positiva (Modelo GFS)

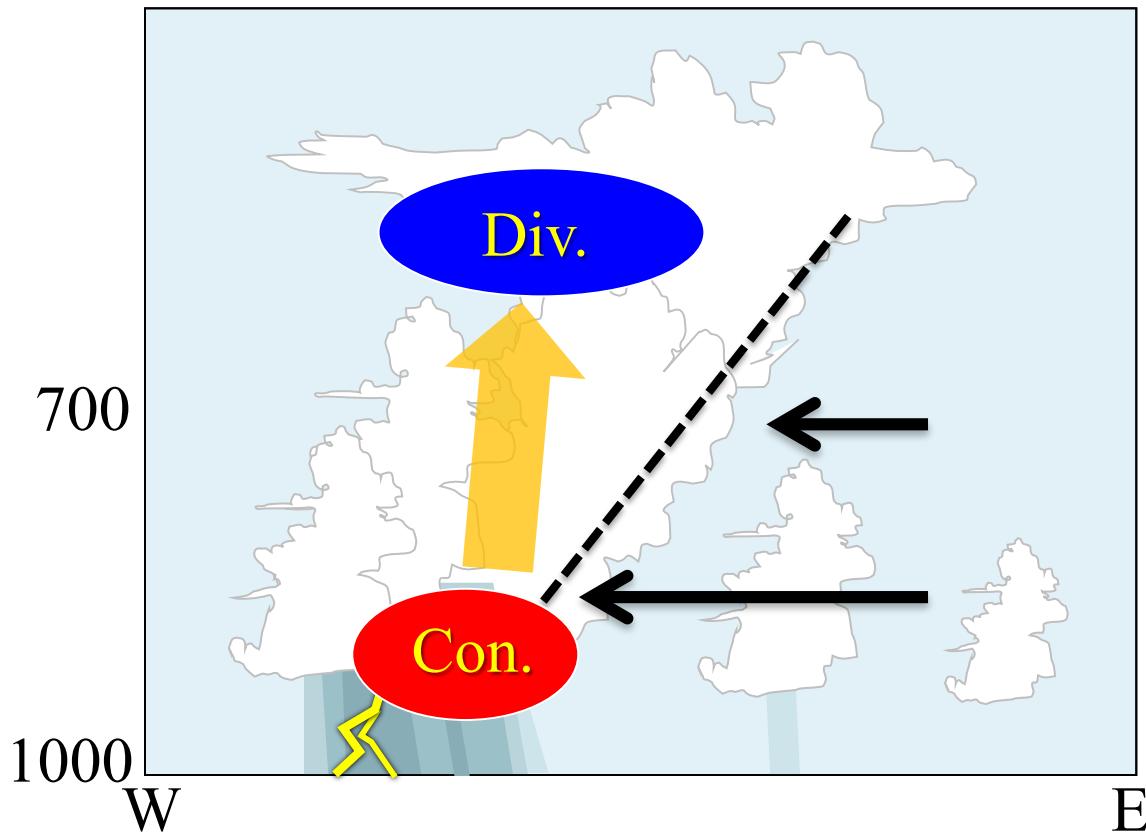
## (Convergencia en Rojo)

10N/52W :FHR= 12 :FHRS= 0/24 :FIL1=AUG010800 AVN003  
CLR1&



# Inclinación Negativa

- De menor frecuencia (menos comunes).
- Atlántico tropical y el este del Caribe.
- Observadas cuando el viento disminuye con la altura.
  - Vientos en 850 hPa más intensos que en 700 hPa.



Por ello, eje vertical se orienta hacia el este con la altura.

Convergencia precede al paso de la onda.

# Inclinación Negativa

## Características

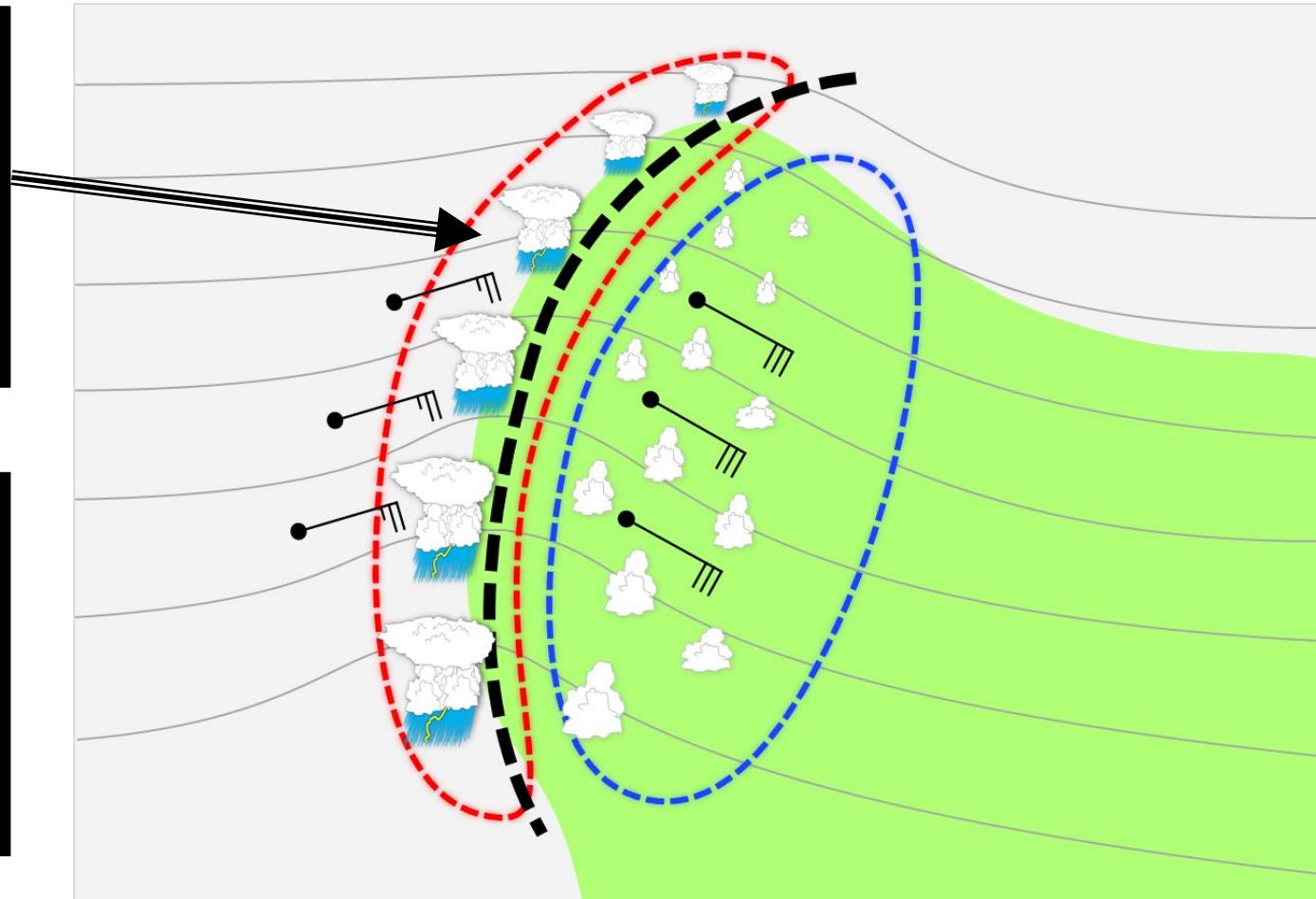
- Convección activa precede paso de la onda.
  - Velocidad de propagación de 25-30kt puede inducir línea de inestabilidad.
  - Tiempo Tormentoso
    - Riesgo de Tormentas Severas/Trombas Marina
  - Generalmente más violenta que con la onda positiva.
- La actividad convectiva suele durar entre 3-6 horas.

# Inclinación Negativa

## Vista Horizontal

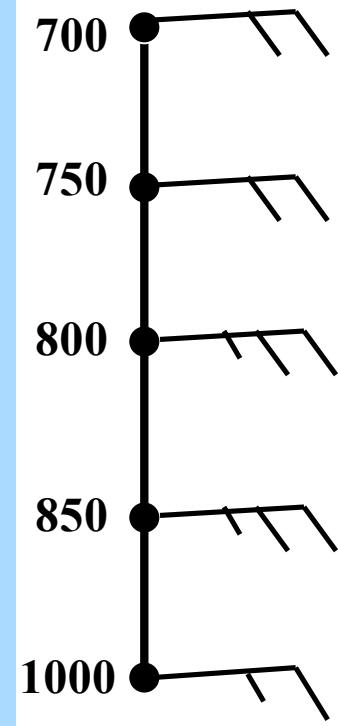
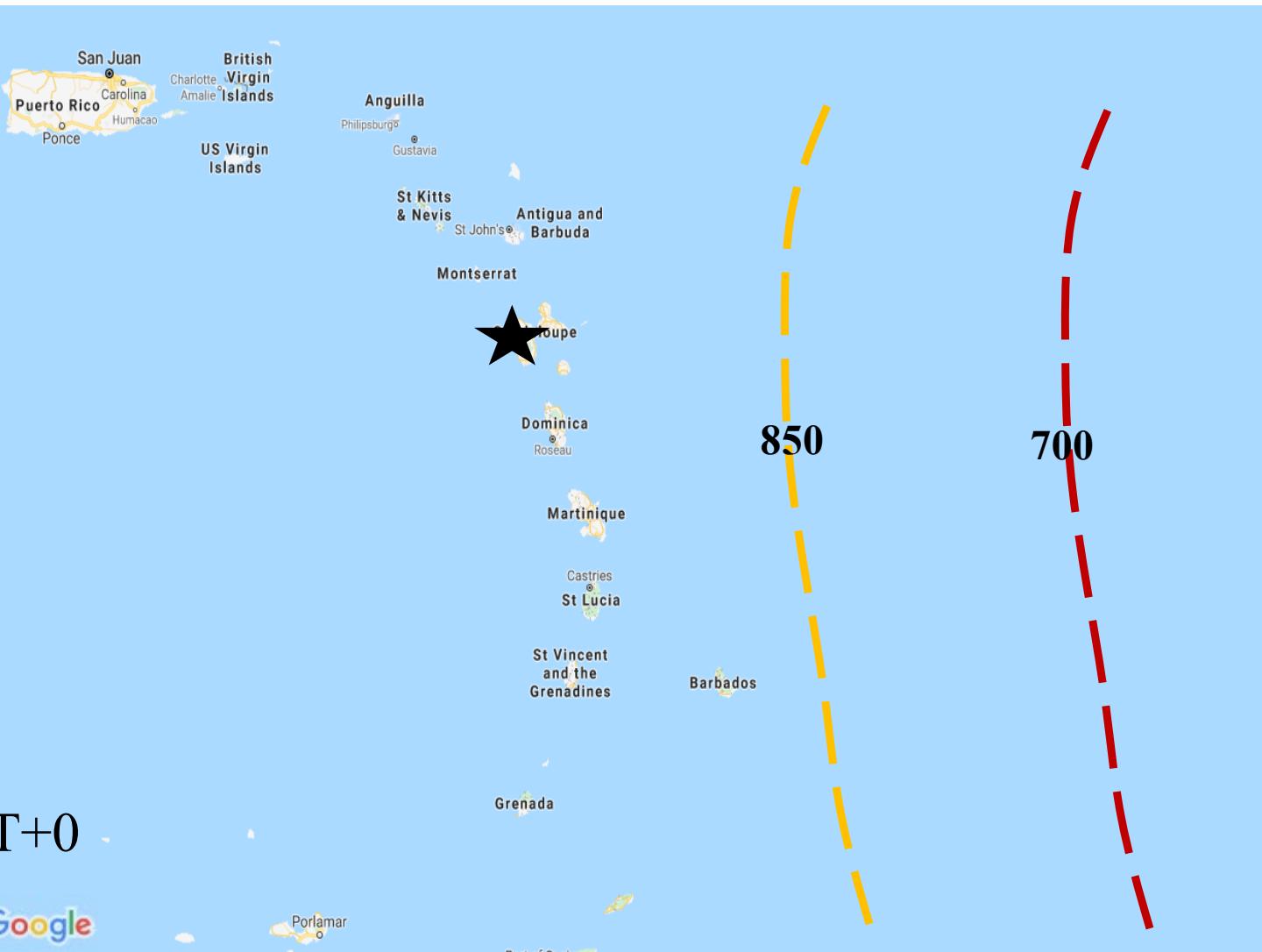
Humedad y convergencia en bajo nivel NO-están en fase.

Al no estar en fase, favorece un área mas angosta de convección.



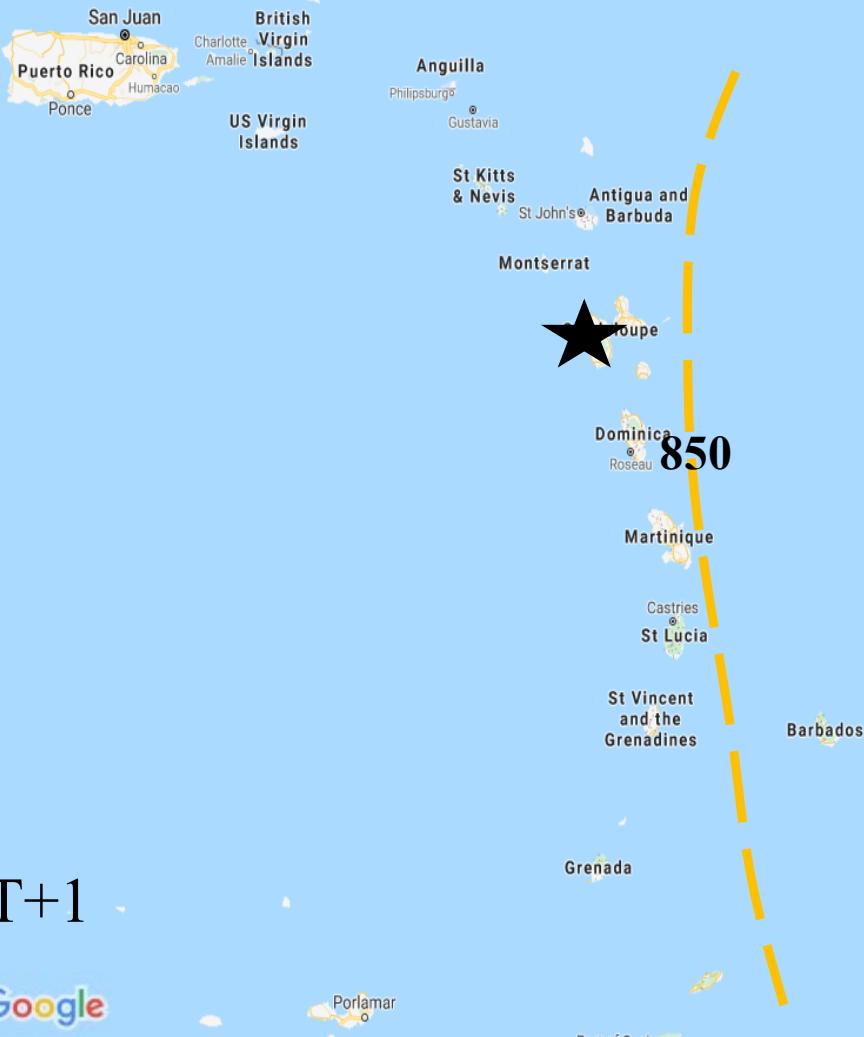
# Perfil de Vientos - TW: Inclinación Negativa

- La vaguada en 850 yace al oeste de la vaguada en 700 hPa.
- Precediendo el paso de la onda, vientos en la columna son del E.

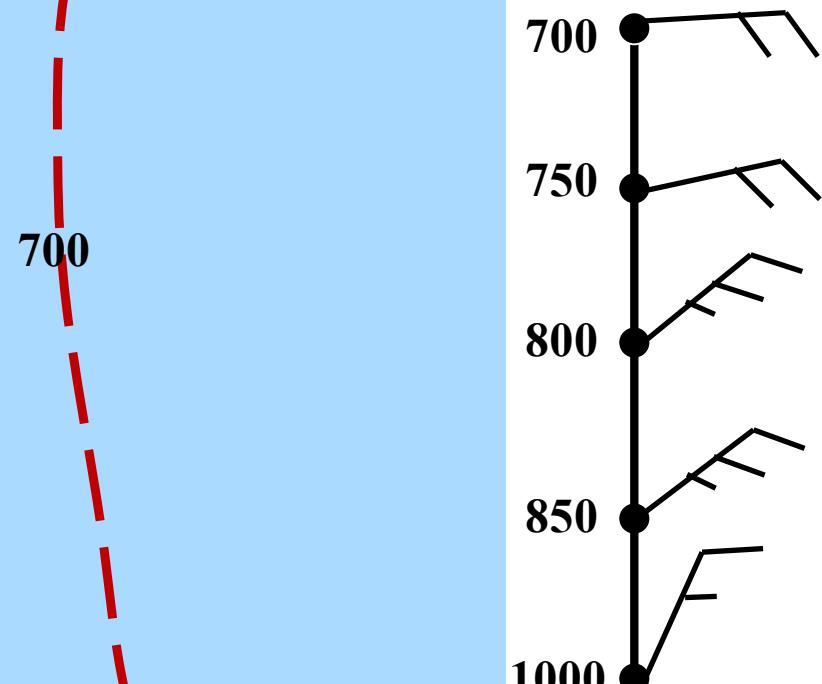


# Perfil de Vientos - TW: Inclinación Negativa

- Al llegar la vanguardia en 850 hPa, los vientos rotan al NE

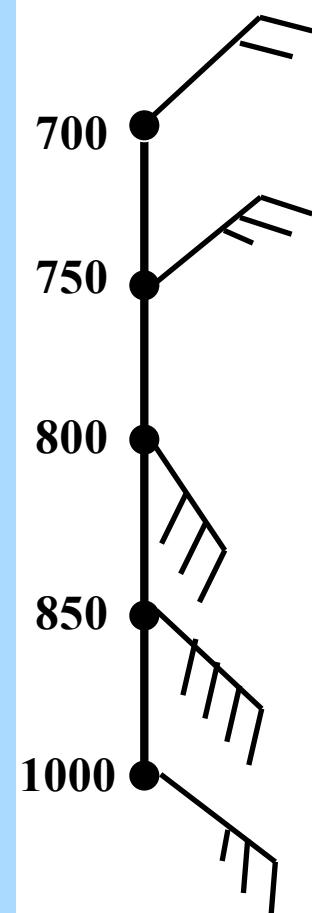
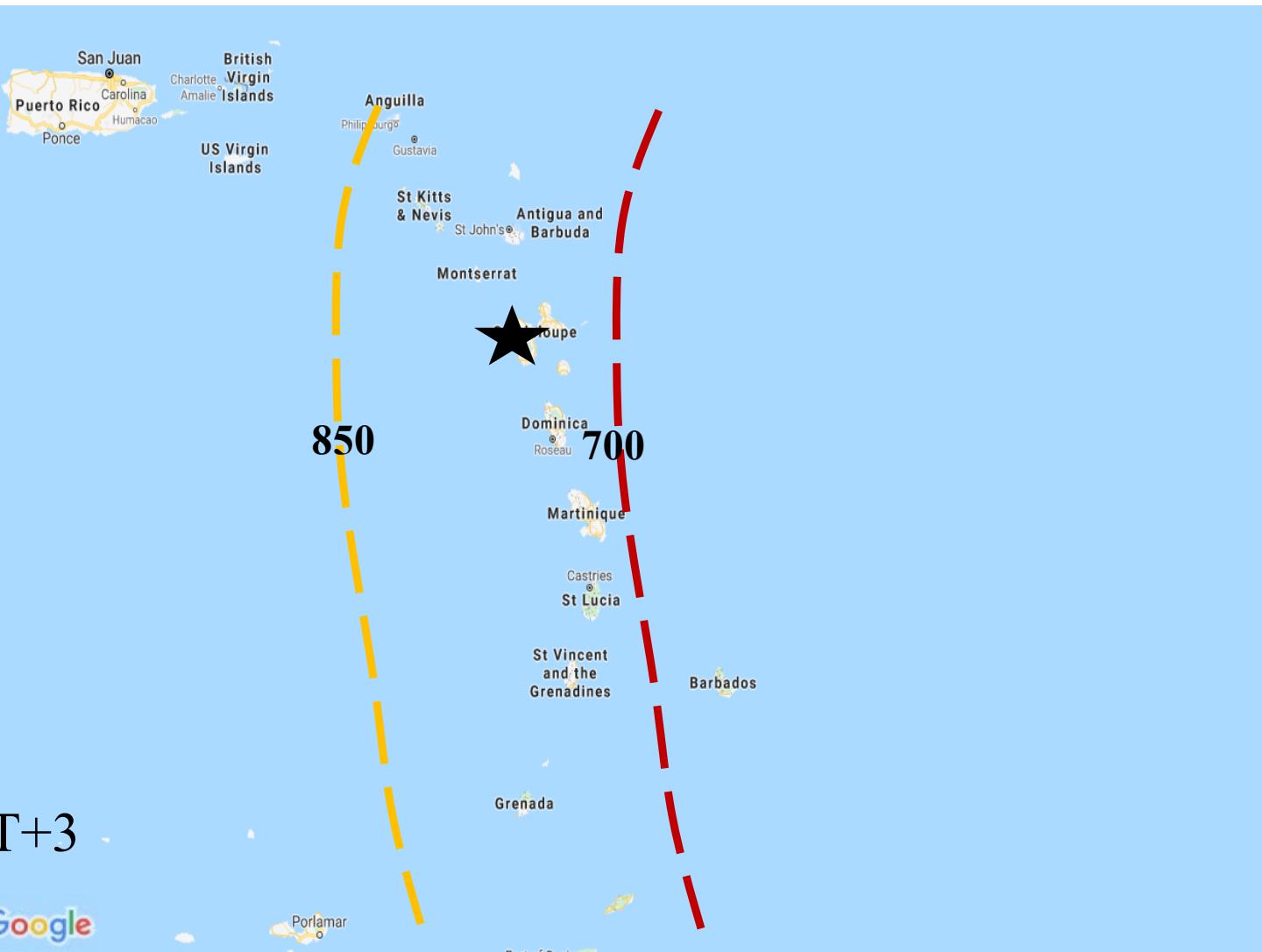


T+1



# Perfil de Vientos - TW: Inclinación Negativa

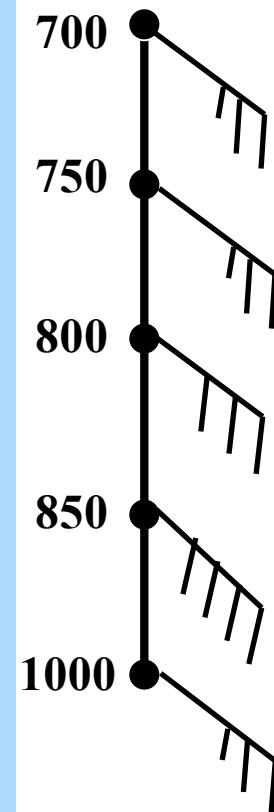
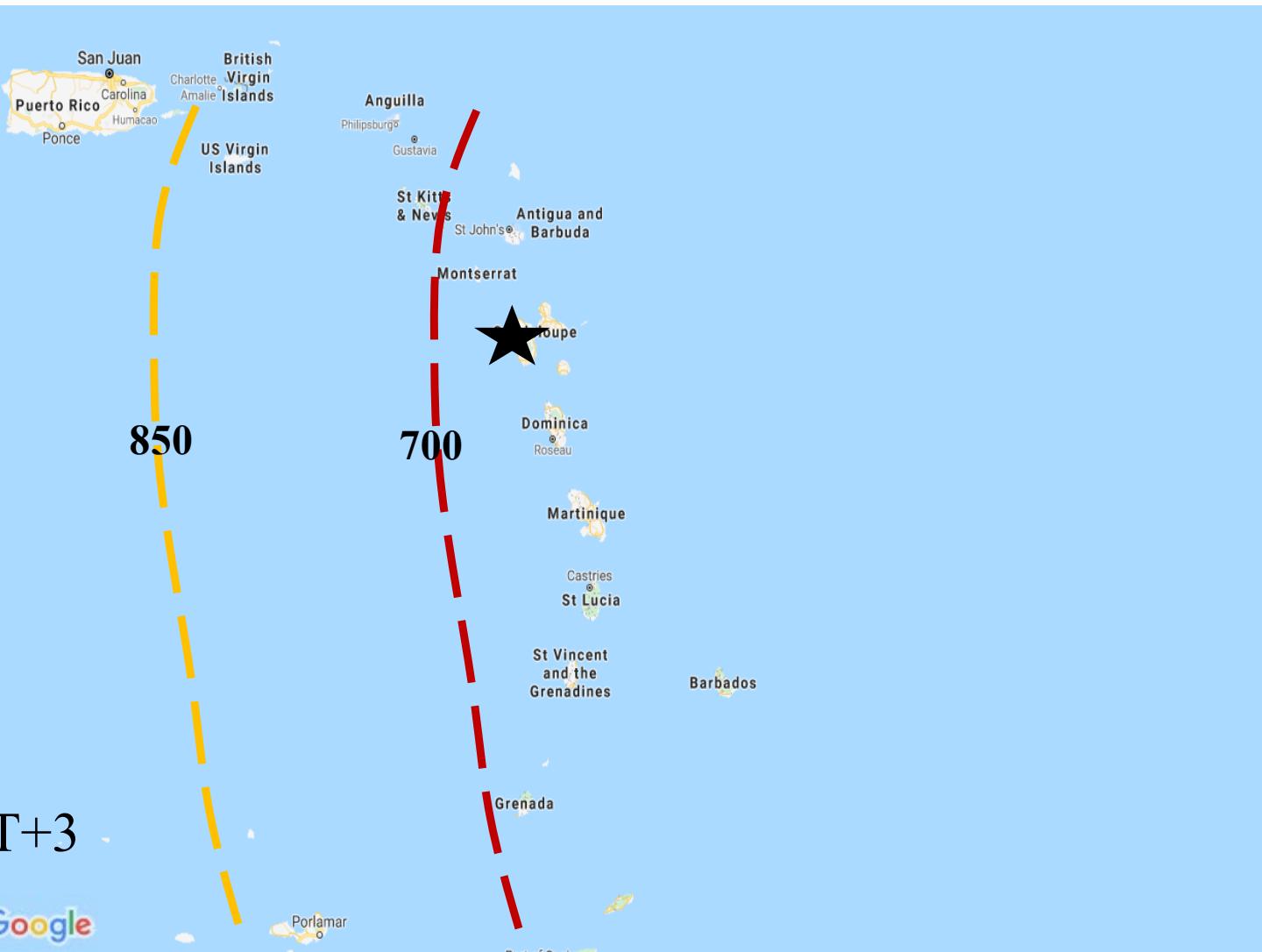
- Al pasar la vaguada en 850, los vientos rotan al SE y se intensifican.
- Vientos en 700 hPa rotan al NE.



T+3

# Perfil de Vientos - TW: Inclinación Negativa

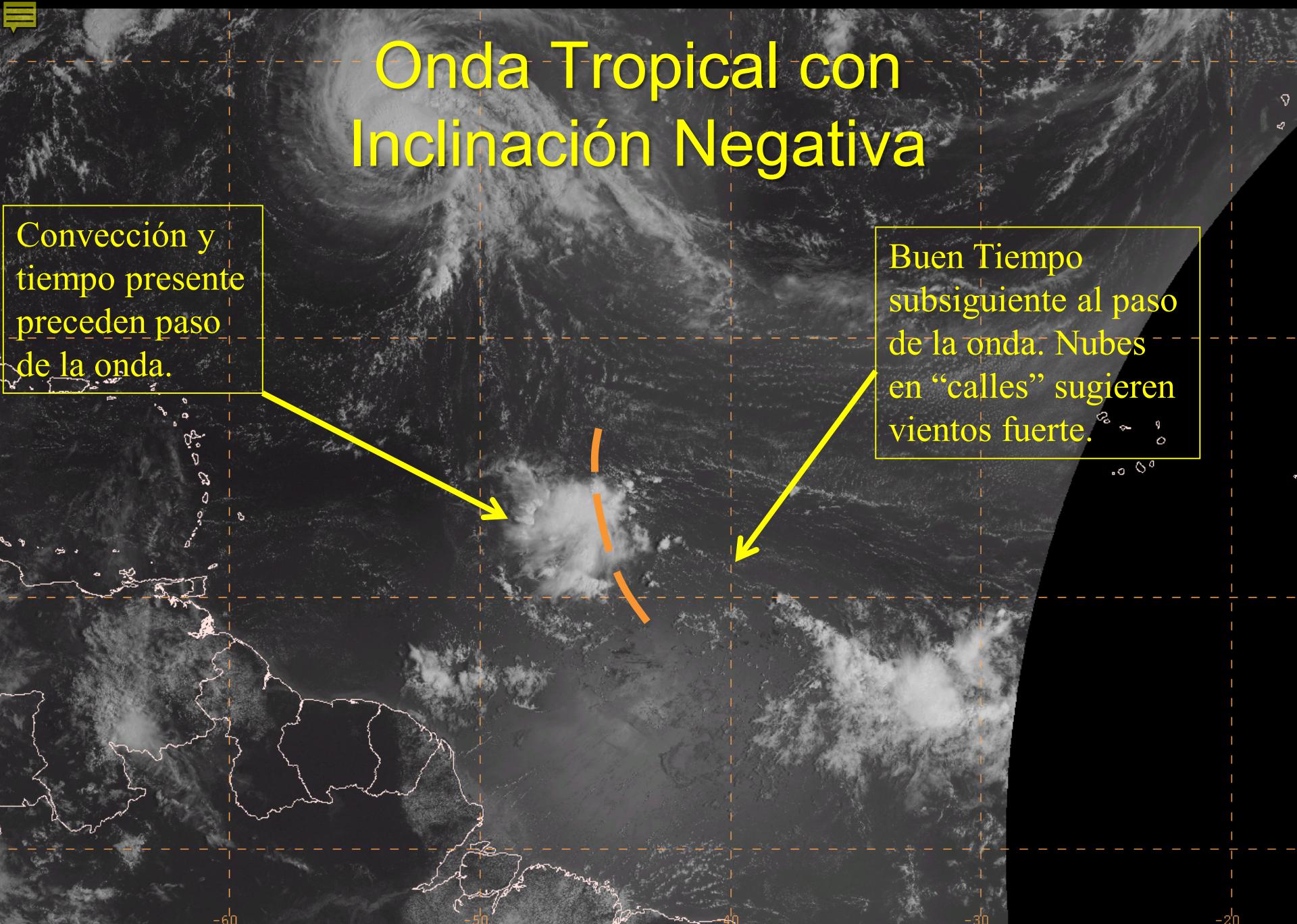
- Al pasar la vaguada en 700 hPa, los vientos en la columna toman componente SE..



# Onda Tropical con Inclinación Negativa

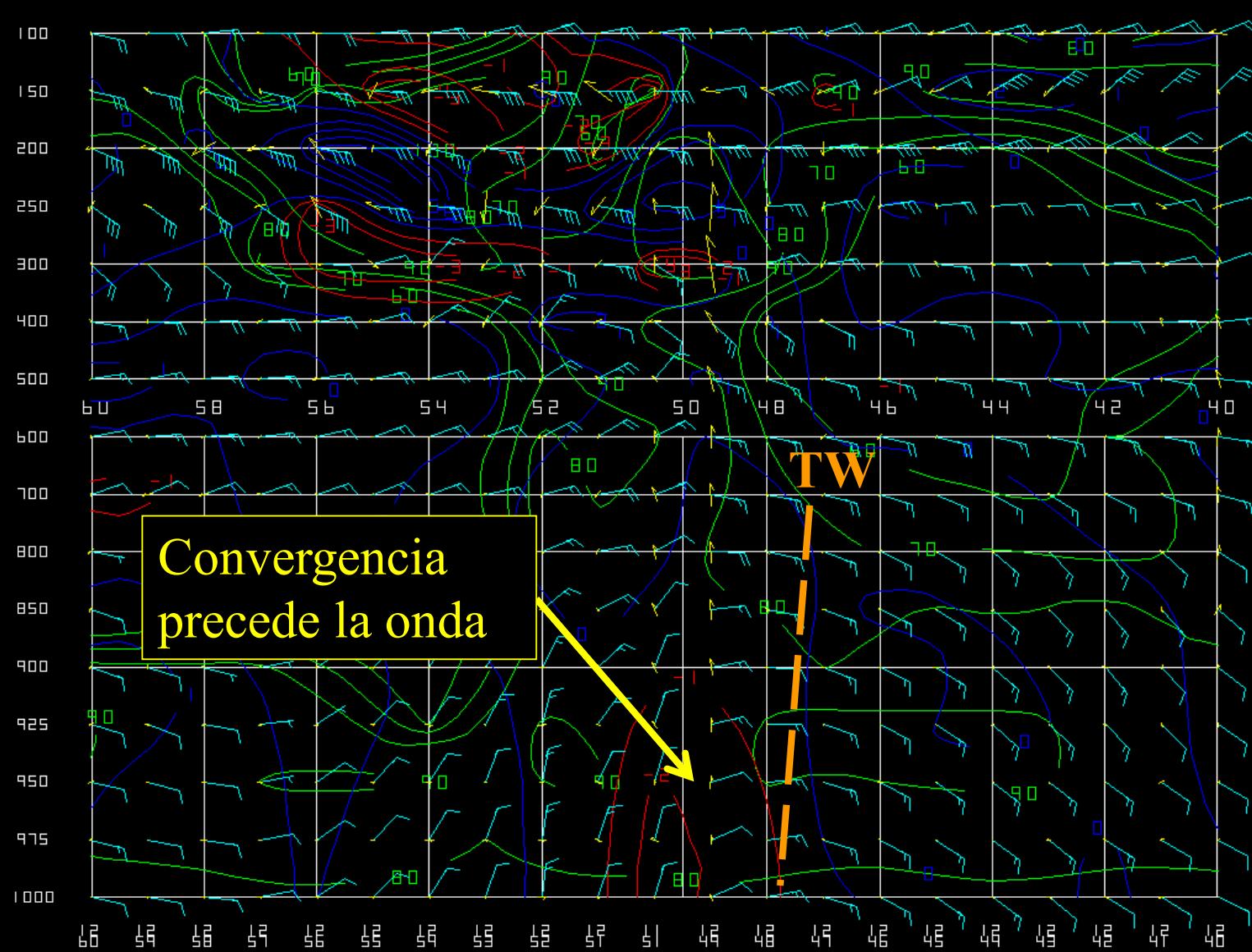
Convección y tiempo presente preceden paso de la onda.

Buen Tiempo subsiguiente al paso de la onda. Nubes en “calles” sugieren vientos fuerte.



# Corte Onda Negativa (Modelo GFS)

## (Convergencia en Rojo)





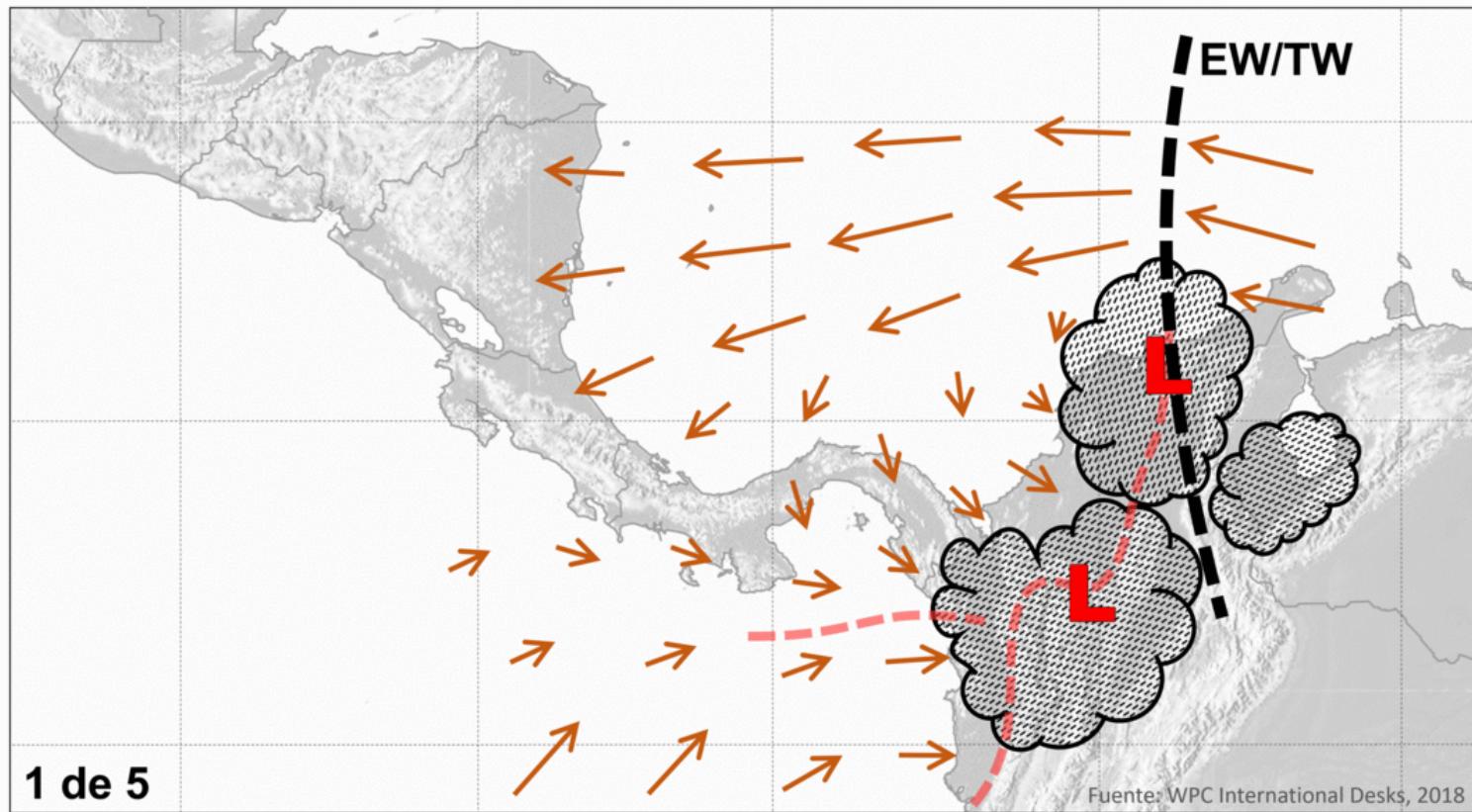
# Ondas Tropicales e ITCZ

Interactúan positivamente con vaguada ecuatorial / ITCZ

- Resaltan la convección, especialmente en:
  - Lago Maracaibo
  - Golfo de Urabá
  - Golfo de Honduras
  - Golfo de Fonseca
  - Golfo de Tehuantepec
- Resaltan baja en el Golfo de Panamá
- Modulan la posición de la ITCZ
  - Ondas fuertes pueden inducir desplazamiento de la ITCZ.
  - Puede llegar a 3-5 grados al norte/sur de su posición climatológica.
  - ITCZ desplazada puede quedar al norte/sur de su posición por 2-3 días.

# Interacción de Ondas en los Alisios con la Baja de Panamá

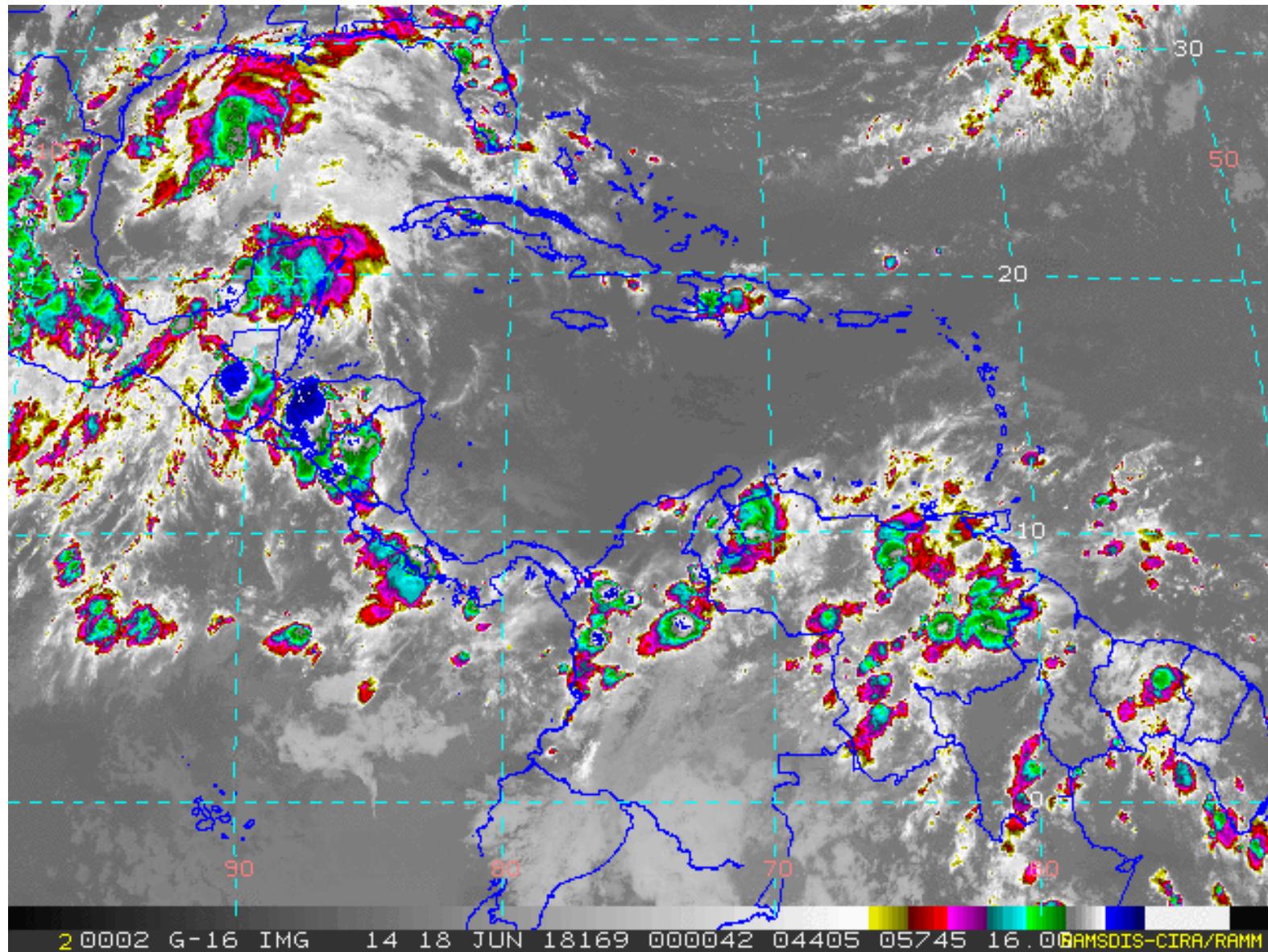
Interacción de una Onda del Este/Tropical con la Baja de Panamá



Según se acerca la onda, la baja de Panamá se profundiza y la convección se intensifica.

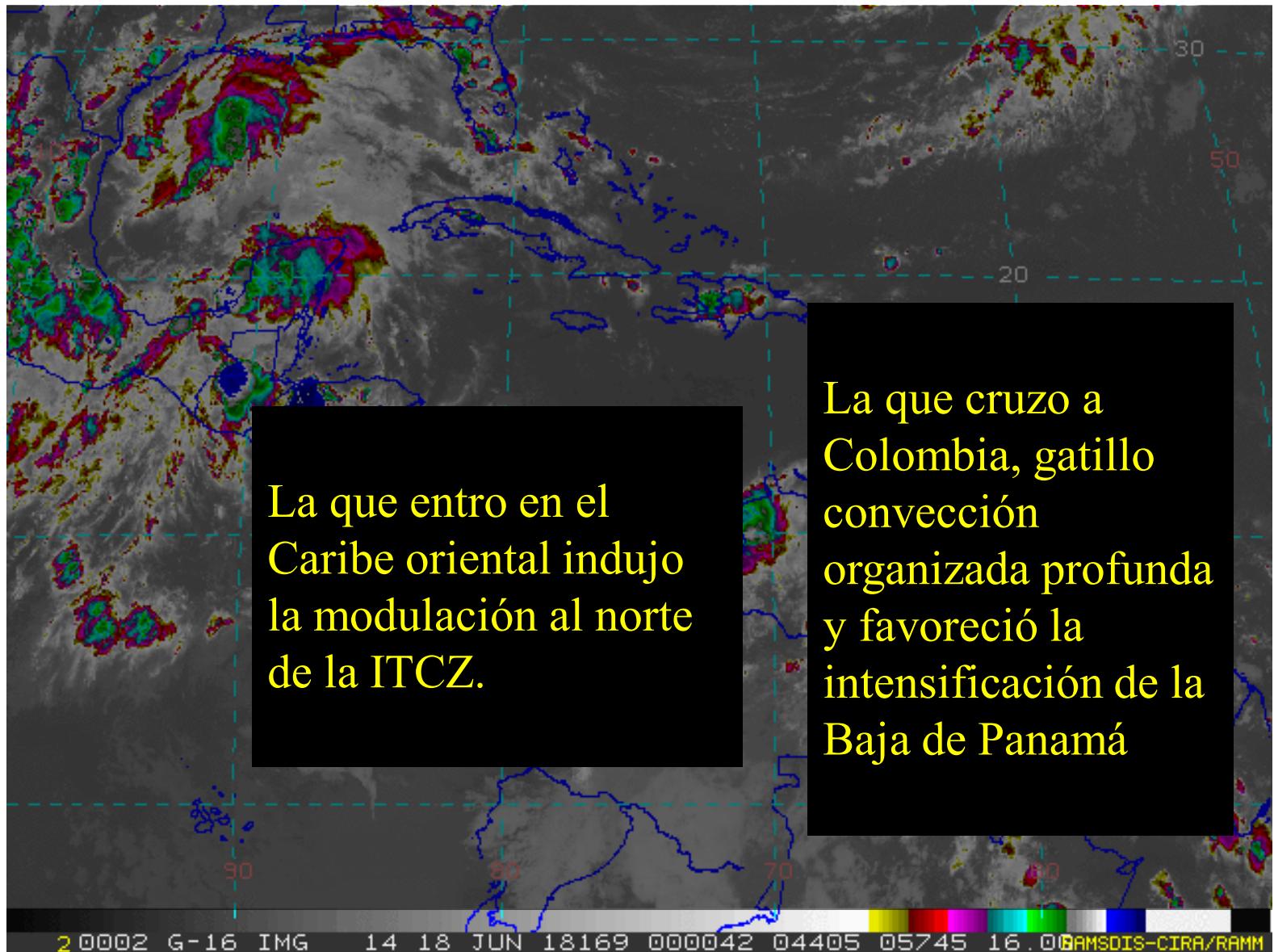
# IR (10.3um): 18-20 Junio, 2018

Dos ondas: Una cruzando Colombia y la otra entrando en el Caribe Oriental



# IR (10.3um): 18-20 Junio, 2018

Dos ondas: Una cruzando Colombia y la otra entrando en el Caribe Oriental



# Encuesta #2

**Question:** Ondas de inclinación negativa son típicamente:  
(Seleccione las que aplican/Select all that apply)

- Mas lentas/débiles que las de inclinación positiva
- La convección sigue al paso de la onda
- Puede sustentar tiempo tormentoso/severo.
- Se inclina al oeste con la altura (vientos mas intensos en 700 hPa)
- Se inclina al este con la altura (vientos mas intensos en 850 hPa)

# **Ondas Tropicales en Modelos Numéricos**

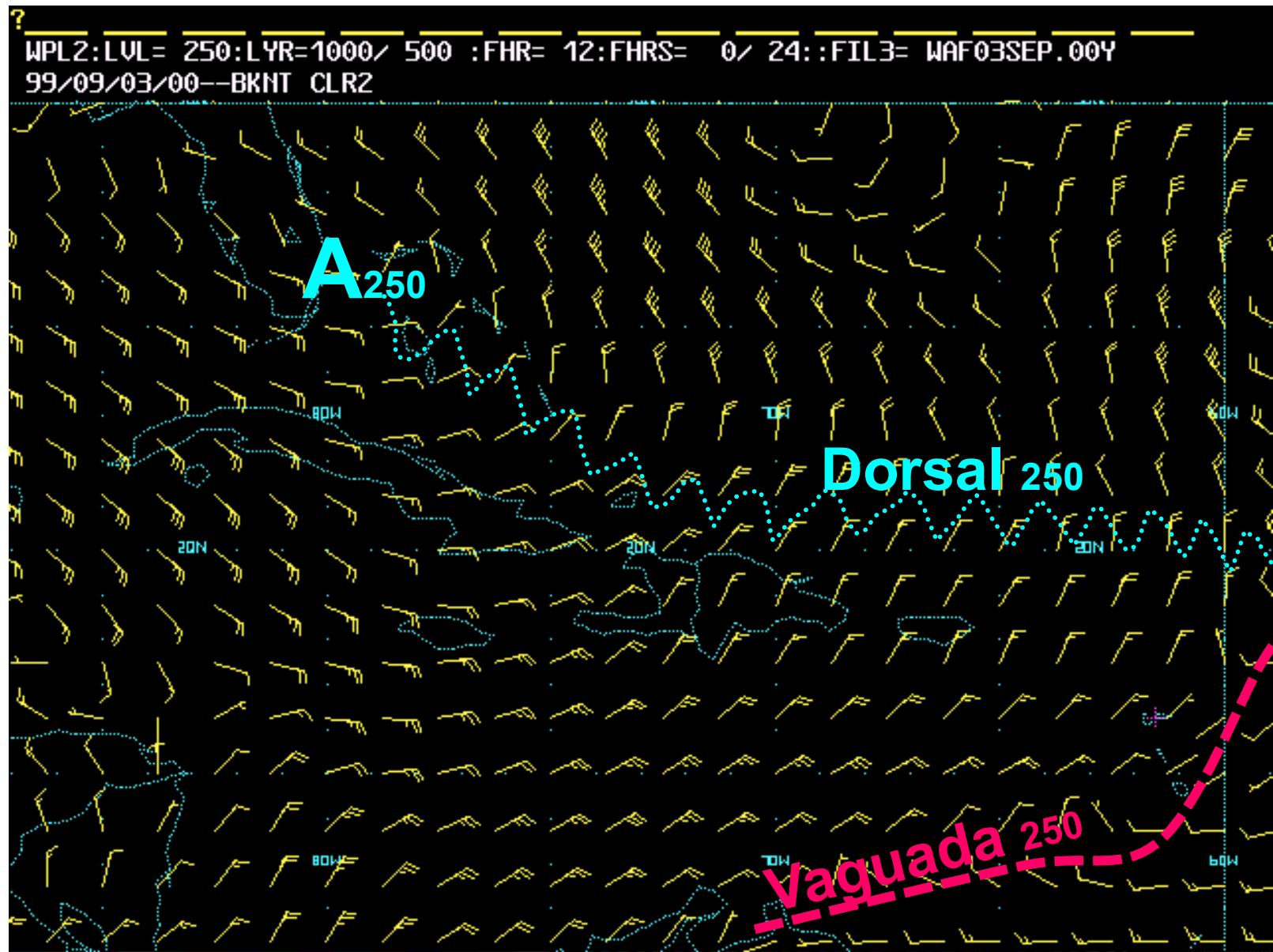


# Limitaciones de los Modelos Globales: Inicializacion y Pronostico de Ondas Tropicales

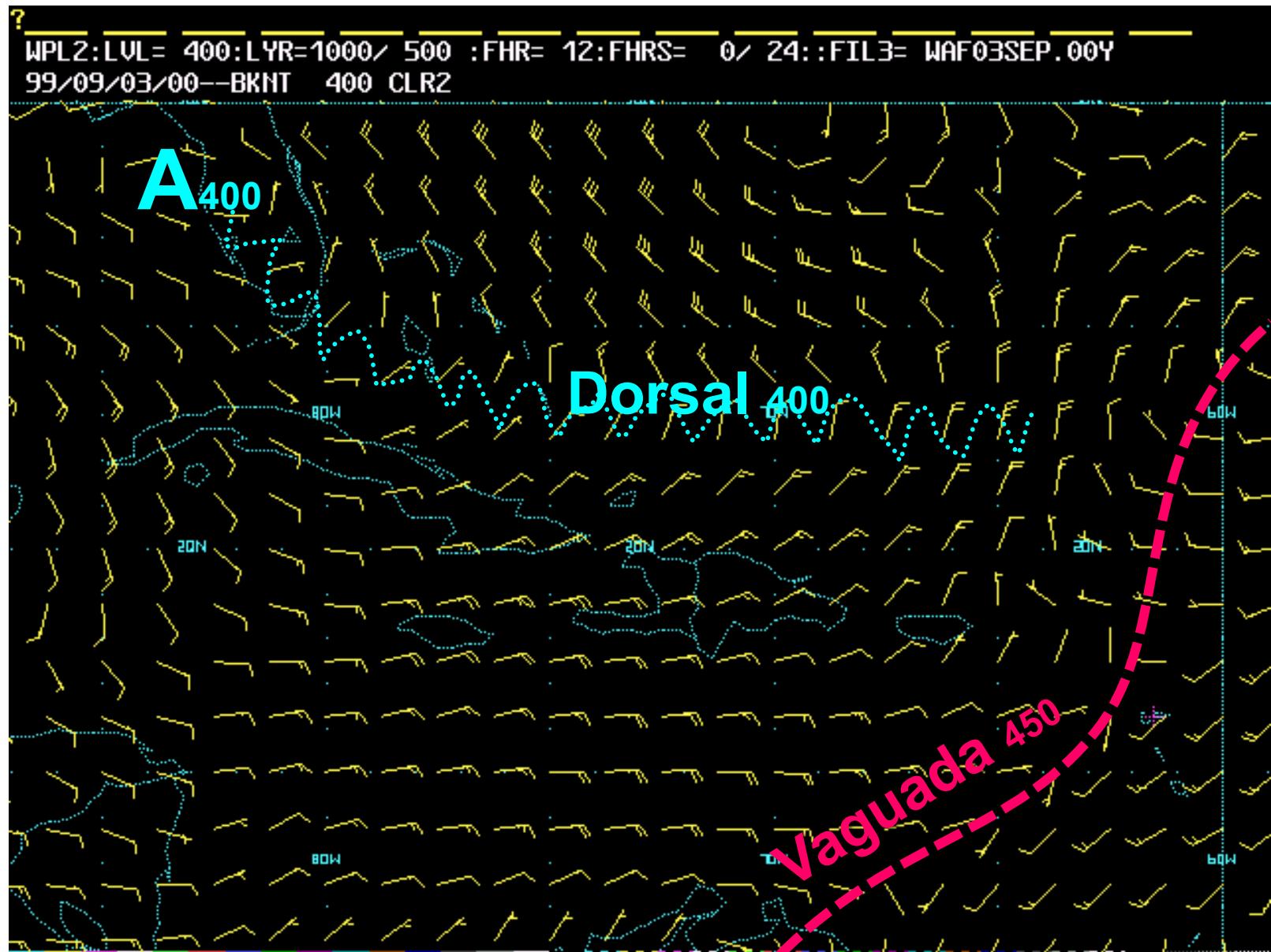
- **Amplitud de Onda:** Varia dependiendo de su interacción con el terreno en Sudamérica, la Dorsal Subtropical, ITCZ.
  - El que sea propiamente inicializada depende de la resolución del modelo y la amplitud de la onda.
  - Amplitud mínima para ser resuelta
    - Cinco veces la resolución del modelo.
- **Problemas:** En el Atlántico tropical/central, no hay muchas observaciones. Se le da mas peso a imágenes de satélite y al *pronostico anterior*.
  - Debido a la falta de datos, en ocasiones se inicializan ondas falsas.
    - Puede tomar varias corridas del modelo para ser filtradas

# **Modelación Numérica de una Onda Tropical**

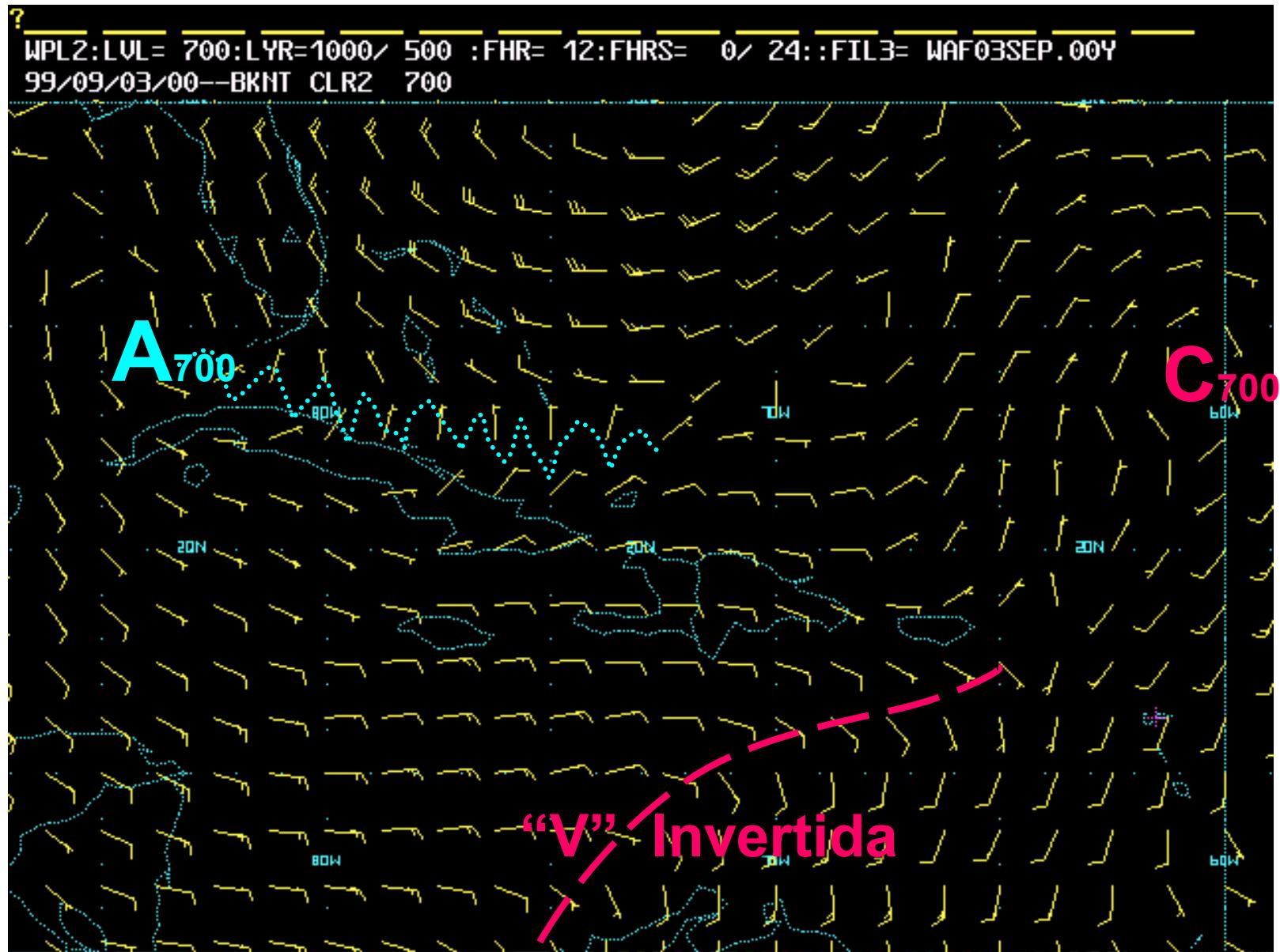
# Vientos en 250 hPa



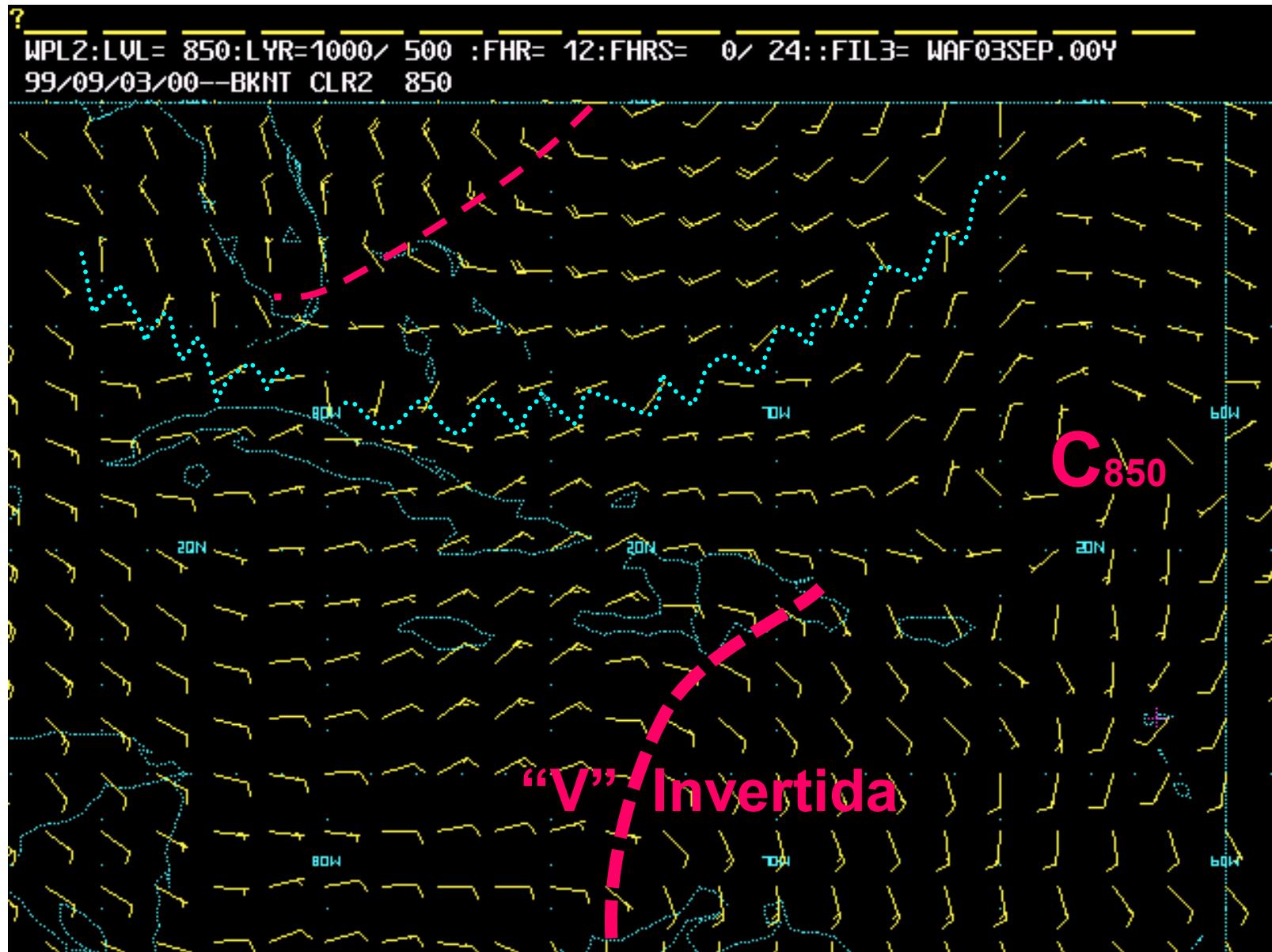
# Vientos en 400 hPa



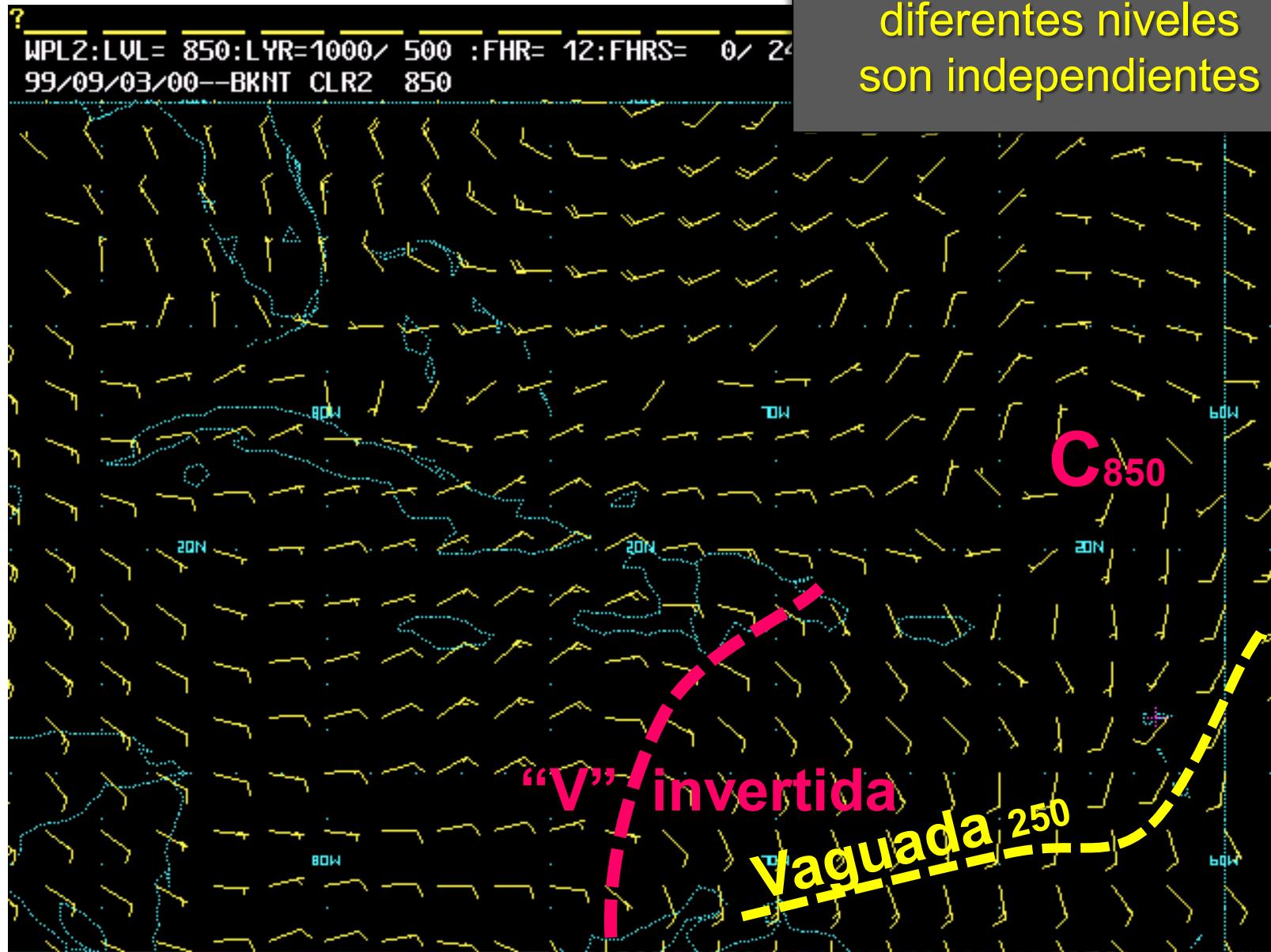
# Vientos en 700 hPa



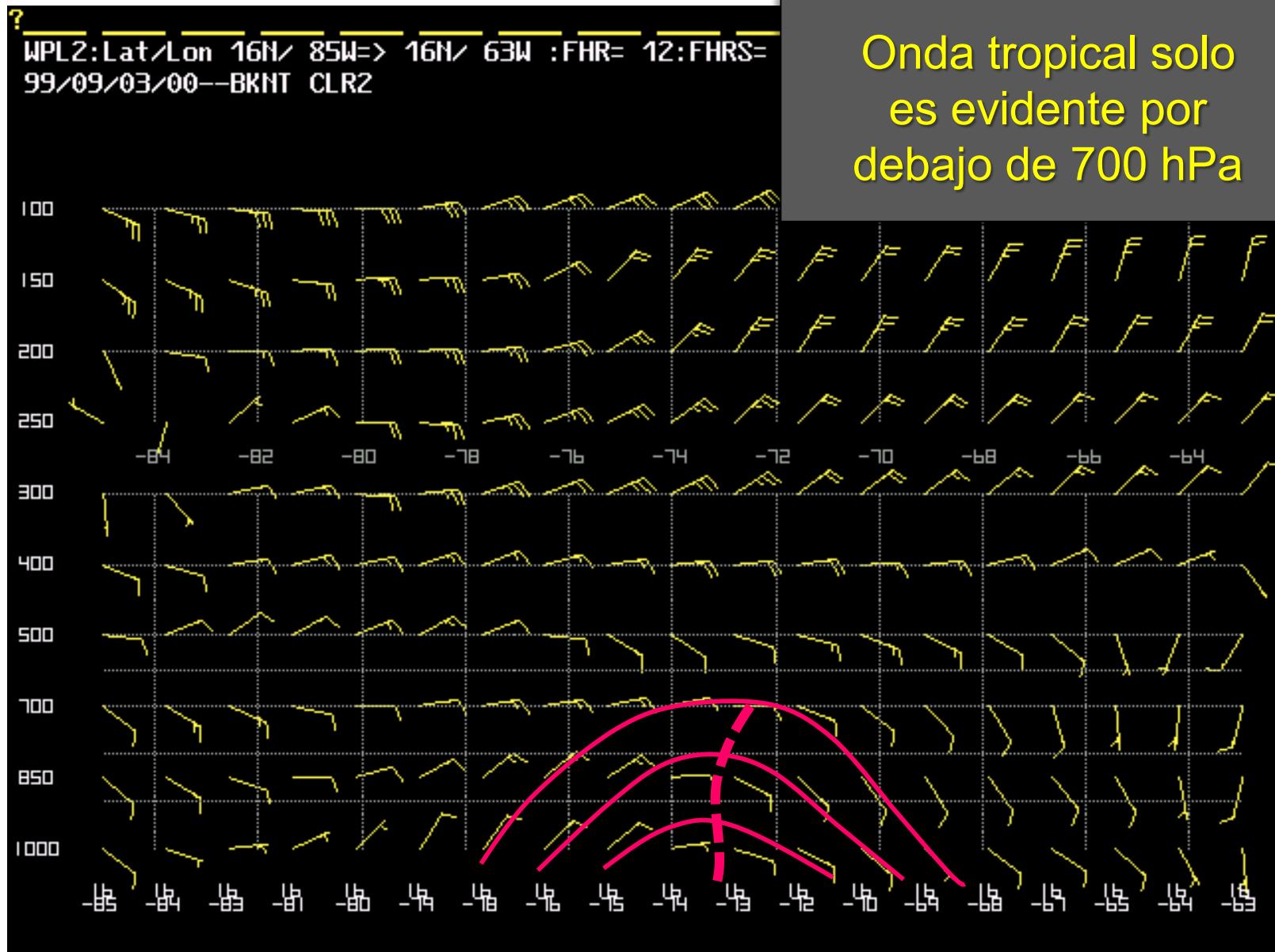
# Vientos en 850 hPa

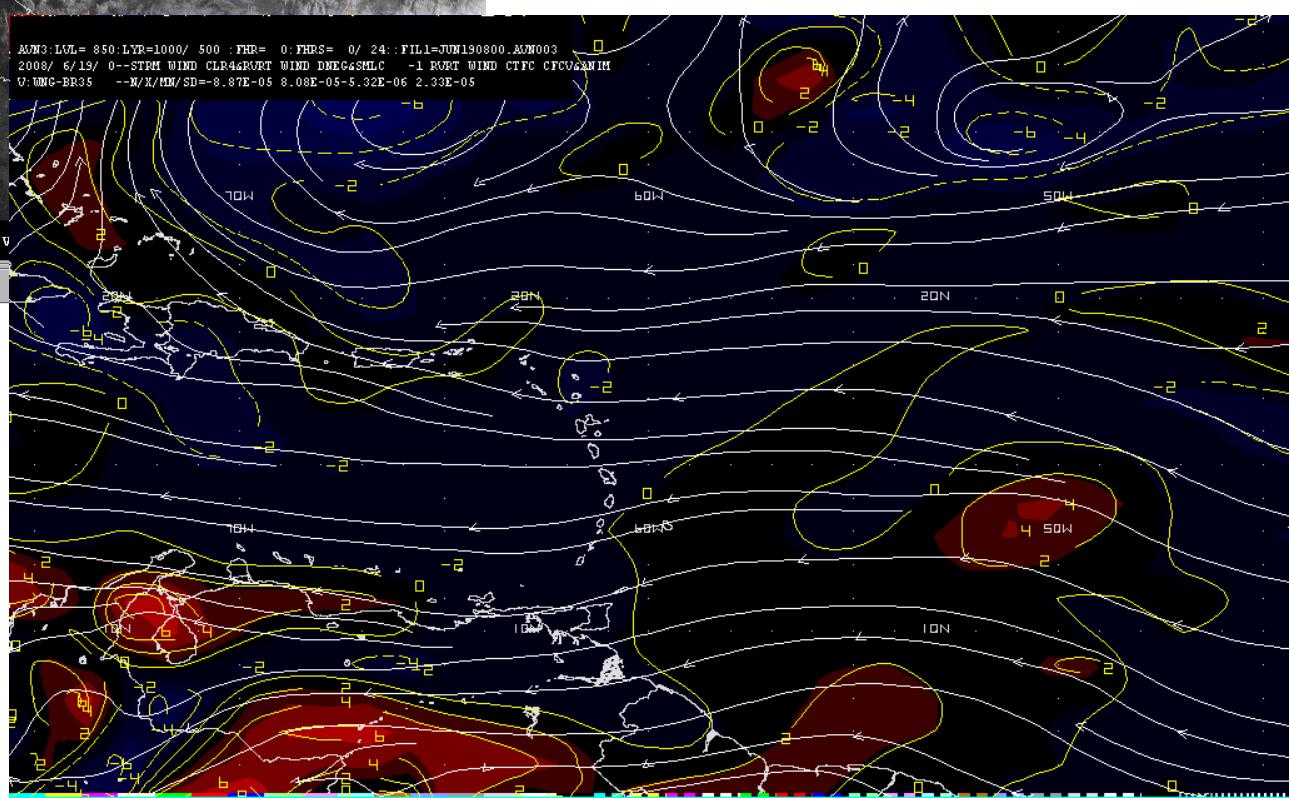
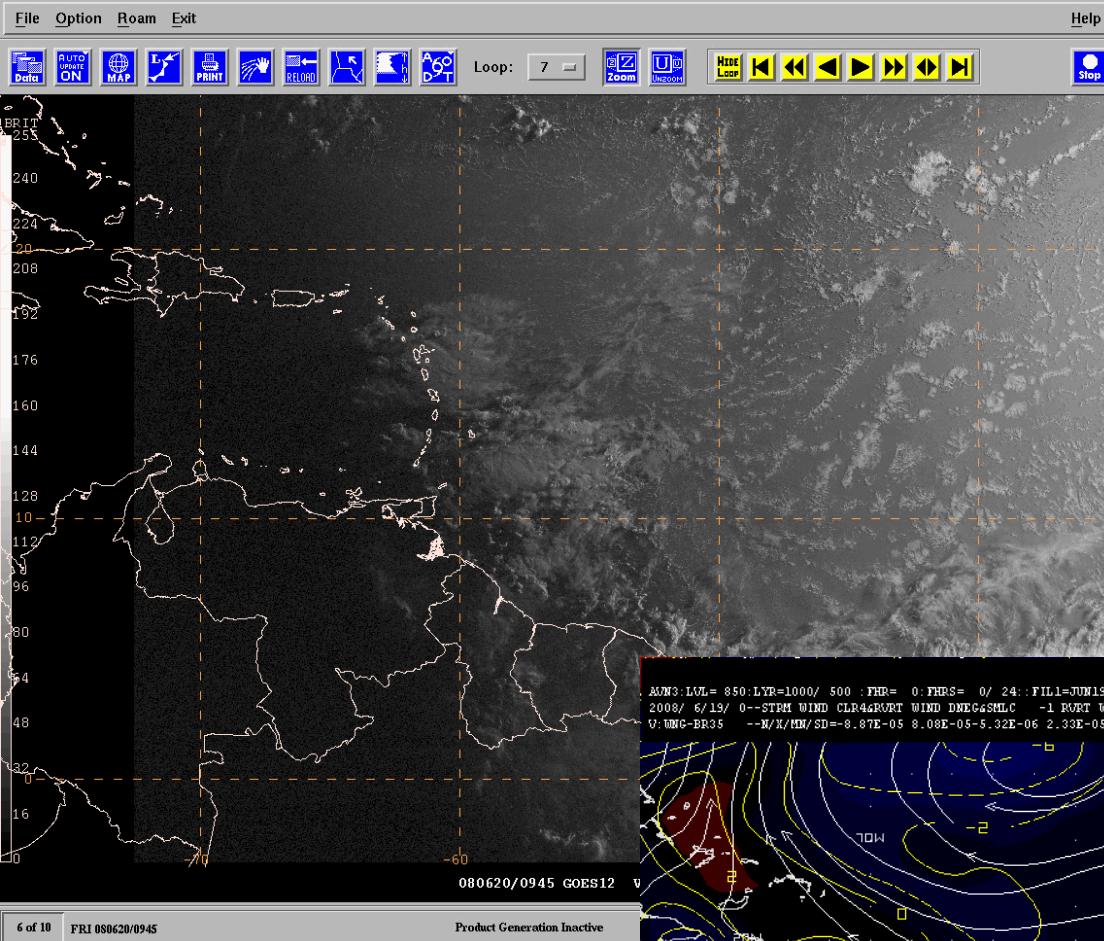


# Vientos en 850 hPa



# Corte Transversal de una Onda Tropical





El pronóstico de vorticidad y flujo del GFS, según verificado con imágenes visible, nos indica que durante esta salida hubo buena inicialización y pronostico de onda entrando en las Antillas menores.

# **La Vaguada Tropical de la Tropósfera Alta (TUTT)**

**\* TUTT = Tropical Upper Tropospheric Trough**

# TUTT y Baja TUTT

- Son **vaguadas de la atmósfera media-alta**. Suelen separar la dorsal subtropical de la dorsal sub-ecuatorial.
  - *Se manifiesta sobre los 600/500 hPa.*
  - Típicamente se mueven de este-a-oeste (retrogradan) alrededor de la dorsal subtropical al norte.
- Climatológicamente más frecuentes en **Mayo-Septiembre** (Mejor definidas de Julio a principios de Septiembre).
- Son de **núcleo frío** (centro más frío que su entorno).
- Circulación: **La vorticidad se fortalece con la altura**. Más ciclónica en niveles superiores (500-200 hPa).
- Fuente de energía es la **energía potencial**.
  - Depende de la conversión de energía potencial a energía cinética.
  - Requiere entrada de aire frío para mantenerse, sino se disipa.



# TUTT y Bajas TUTT

- Formación de complejos nubosos dependen de calor y humedad disponible:
  - Los sistemas de nubes más significantes tienden a formarse al sur del eje de vaguada.
- Función principal en el Caribe: crear canales de ventilación de convección profunda.
- La localización/orientación de la TUTT tiene un papel importante en la formación de tormentas tropicales y huracanes en el Caribe occidental.
- *Cuando presente entre los 600-200 hPa*
  - *Puede inducir una vaguada invertida en capas bajas.*
    - *La cual se puede organizar en una baja cerrada en superficie*
    - *Puede inducir la modulación al norte de la ITCZ*
- *Pueden Gatillar convección severa e inundaciones*

# Flujo Promedio en 300 hPa

## Julio - Octubre

Figure 2-18. Mean 300-millibar Flow, July.

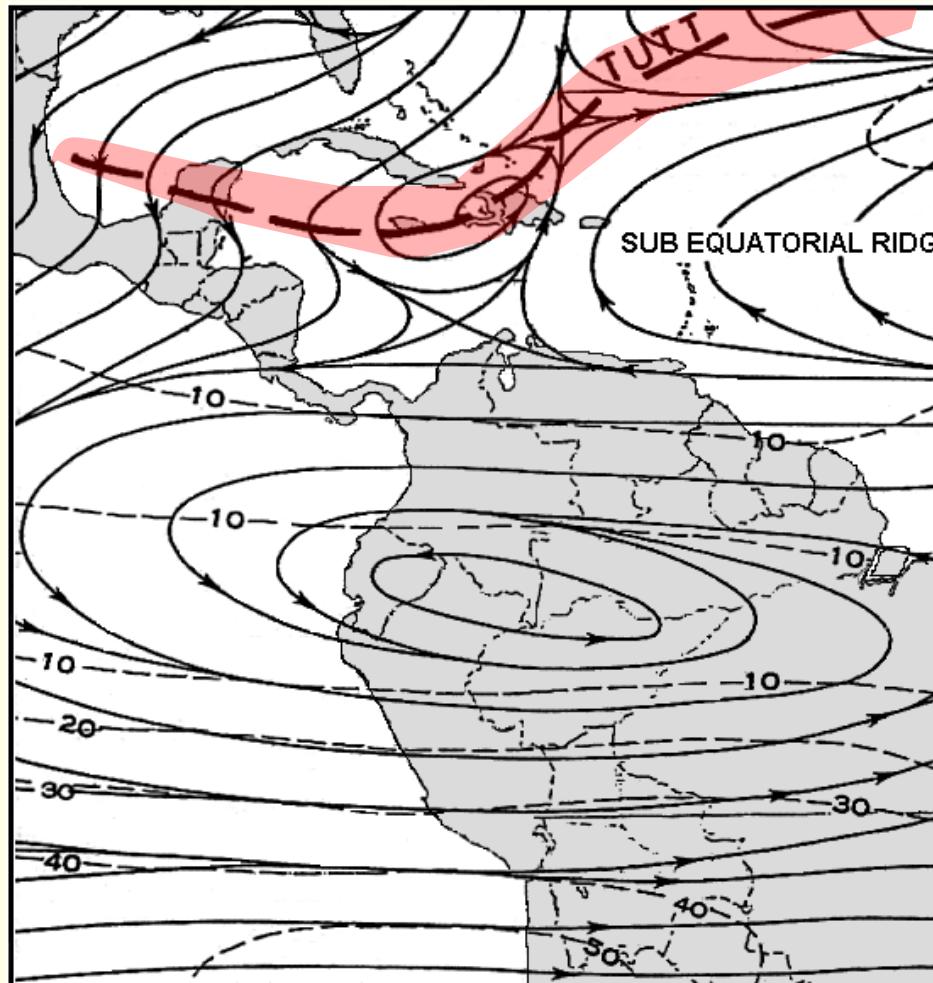
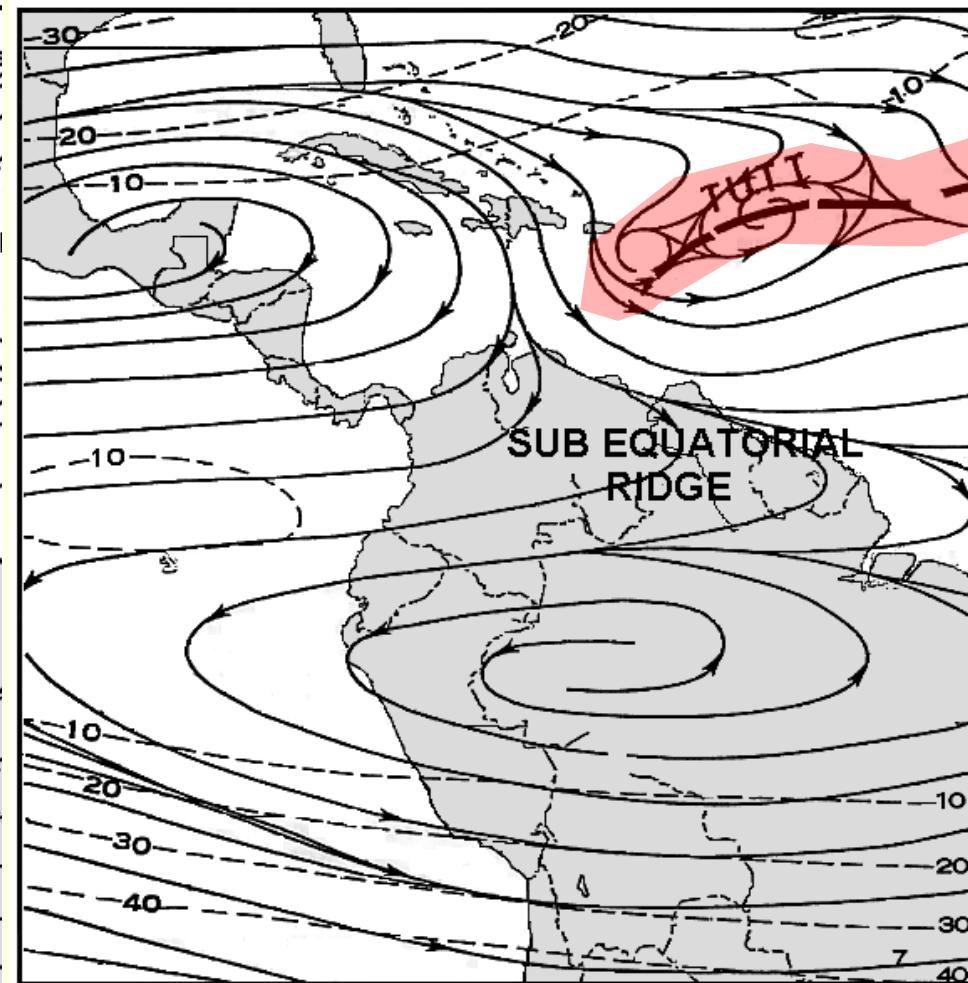


Figure 2-19. Mean 300-millibar Flow, October.



# Circulaciones verticales en una Baja TUTT

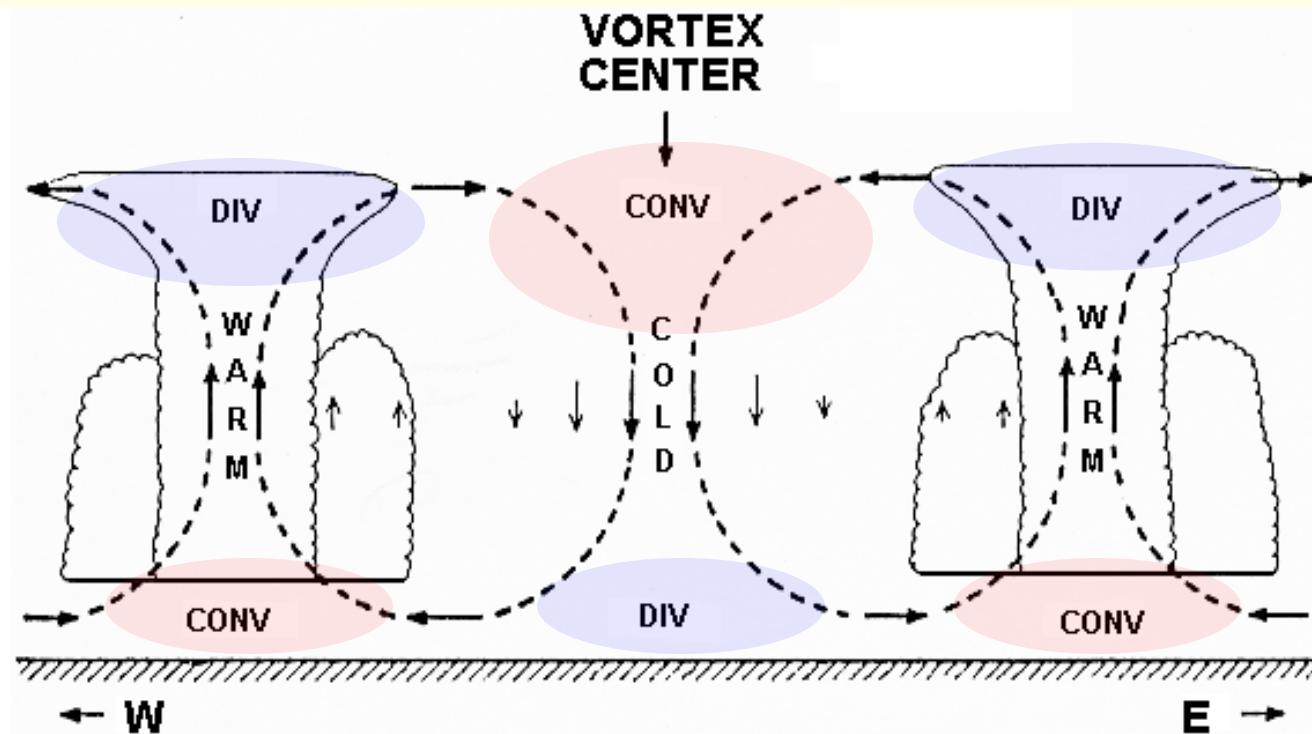
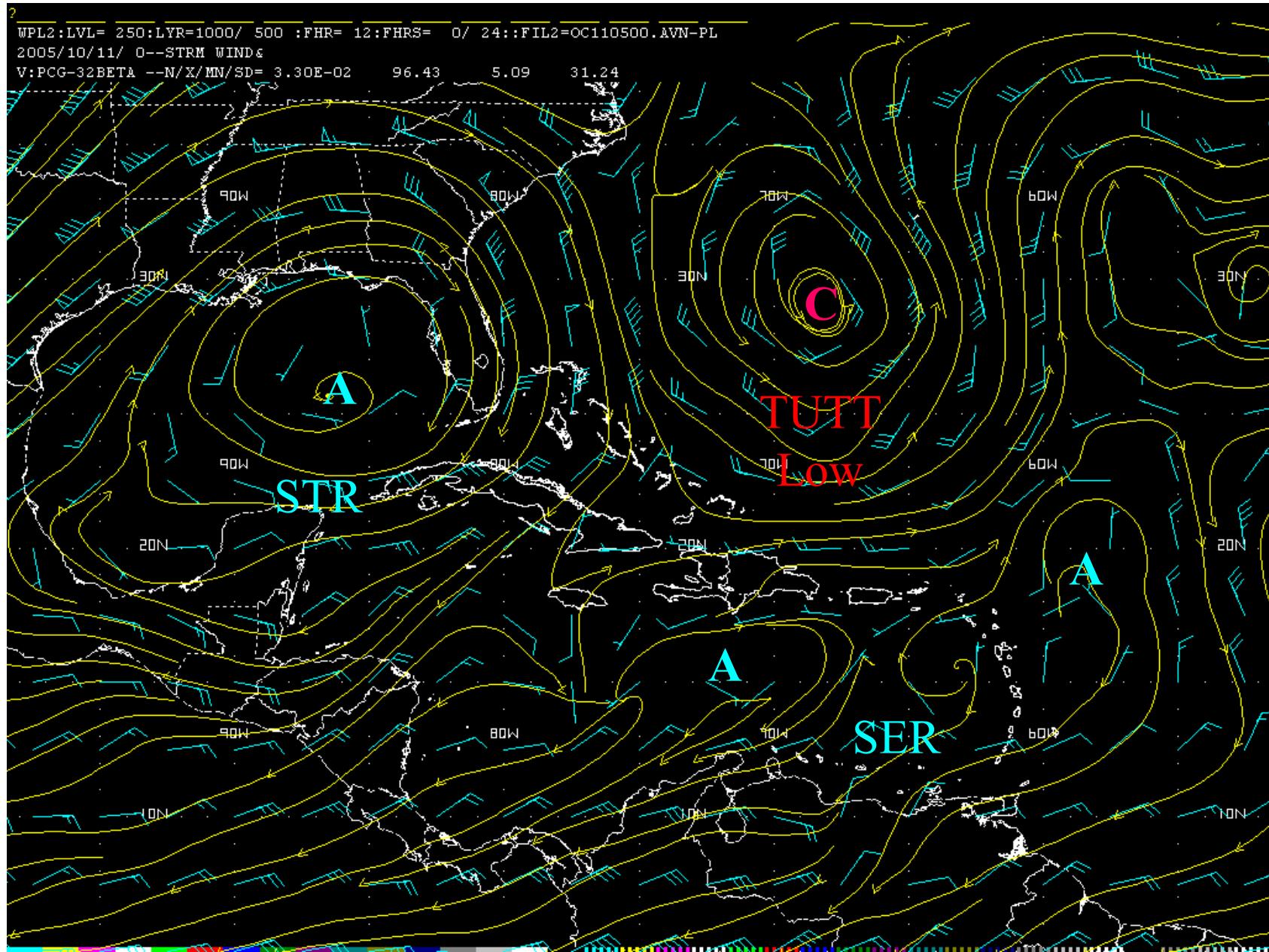
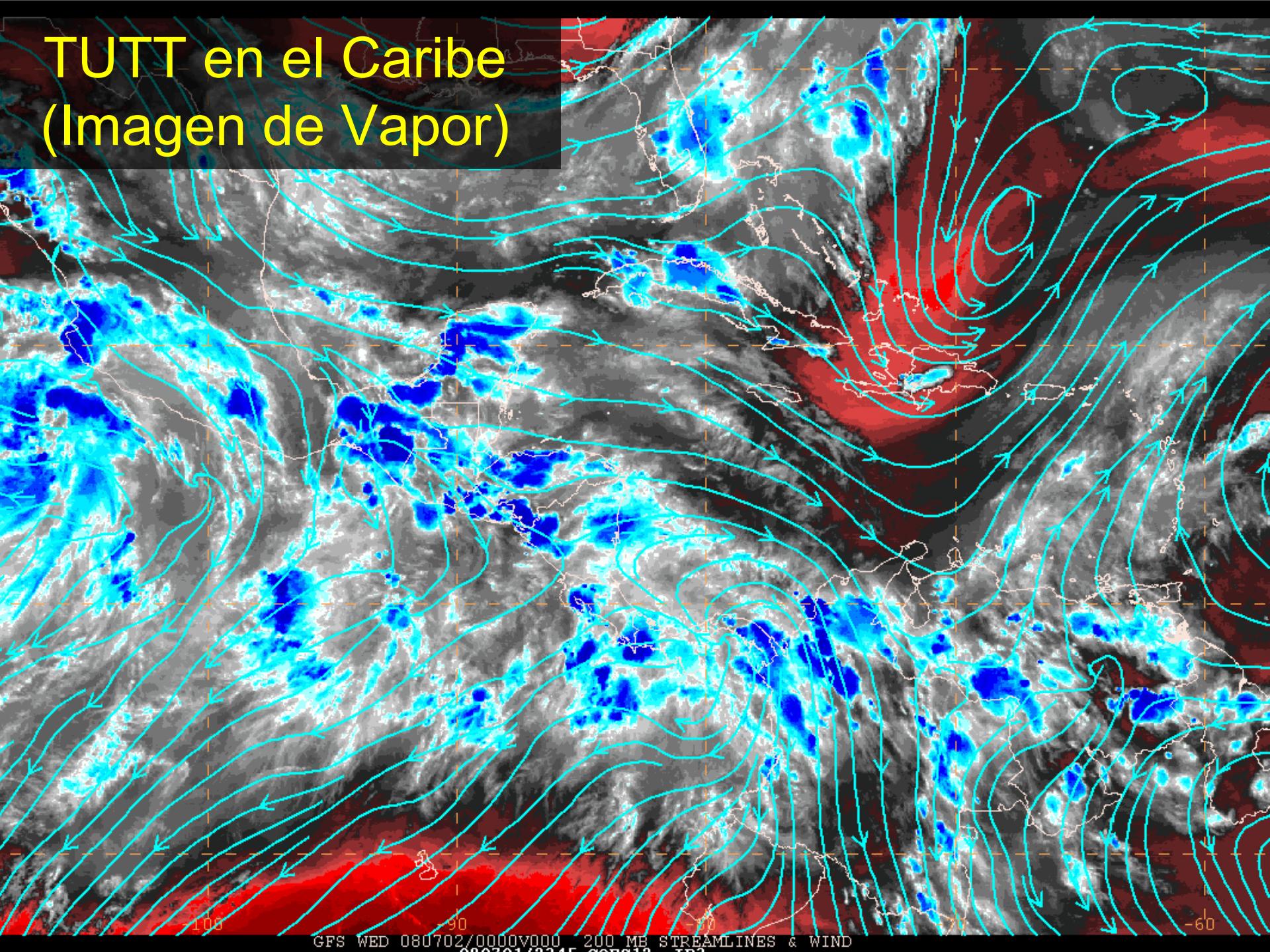


Figure 2-41. Vertical Cross Section Through an Upper-Tropospheric Cyclonic System

# Análisis del GFS de una TUTT



# TUTT en el Caribe (Imagen de Vapor)

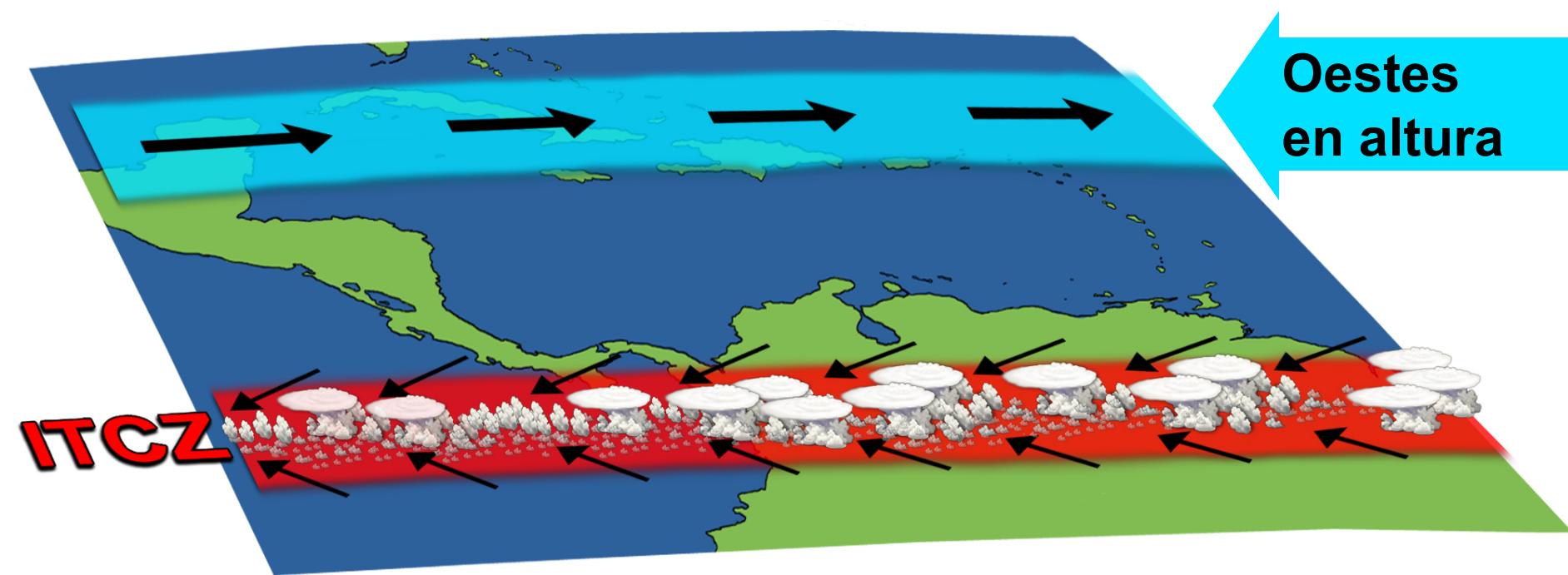


# **Génesis de una vaguada inducida por una TUTT**

**¿Cómo una TUTT puede inducir una  
perturbación en capas bajas?**

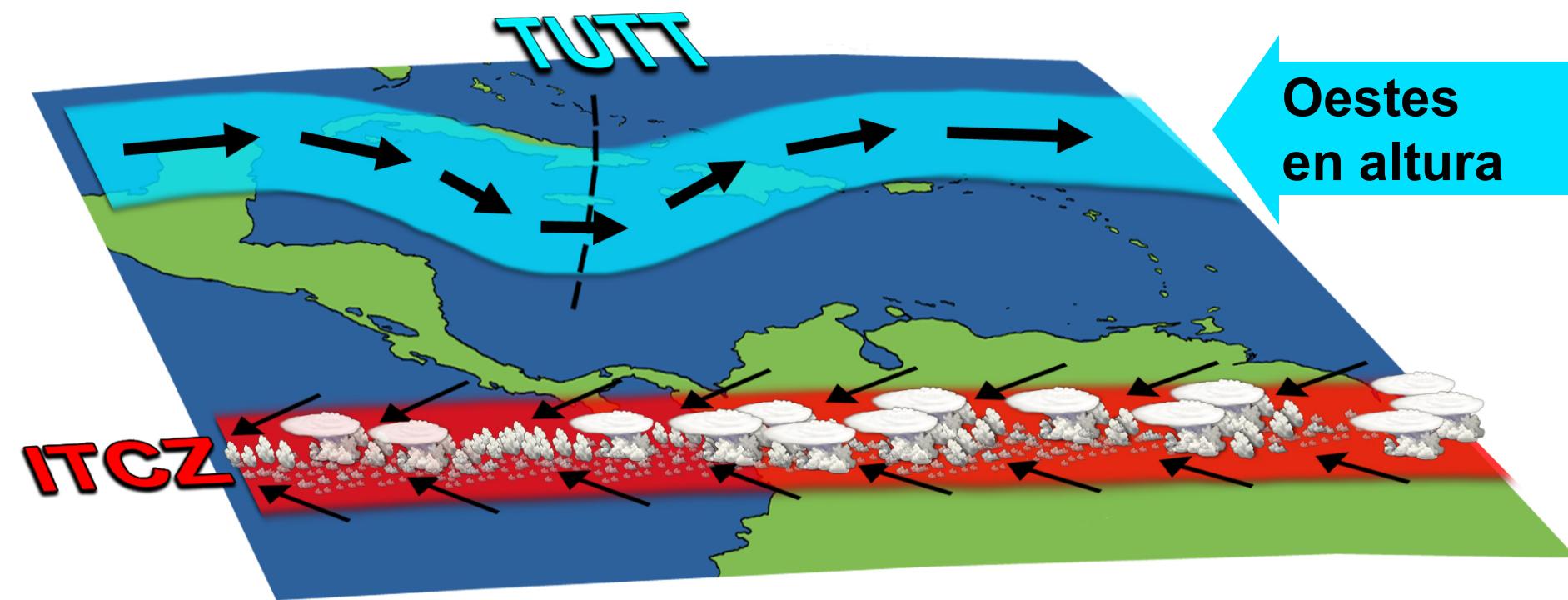
# Génesis de vaguada inducida por una TUTT

## (1) Comenzamos con Flujo Zonal



# Génesis de vaguada inducida por una TUTT

## (2) Perturbación se forma en el flujo superior



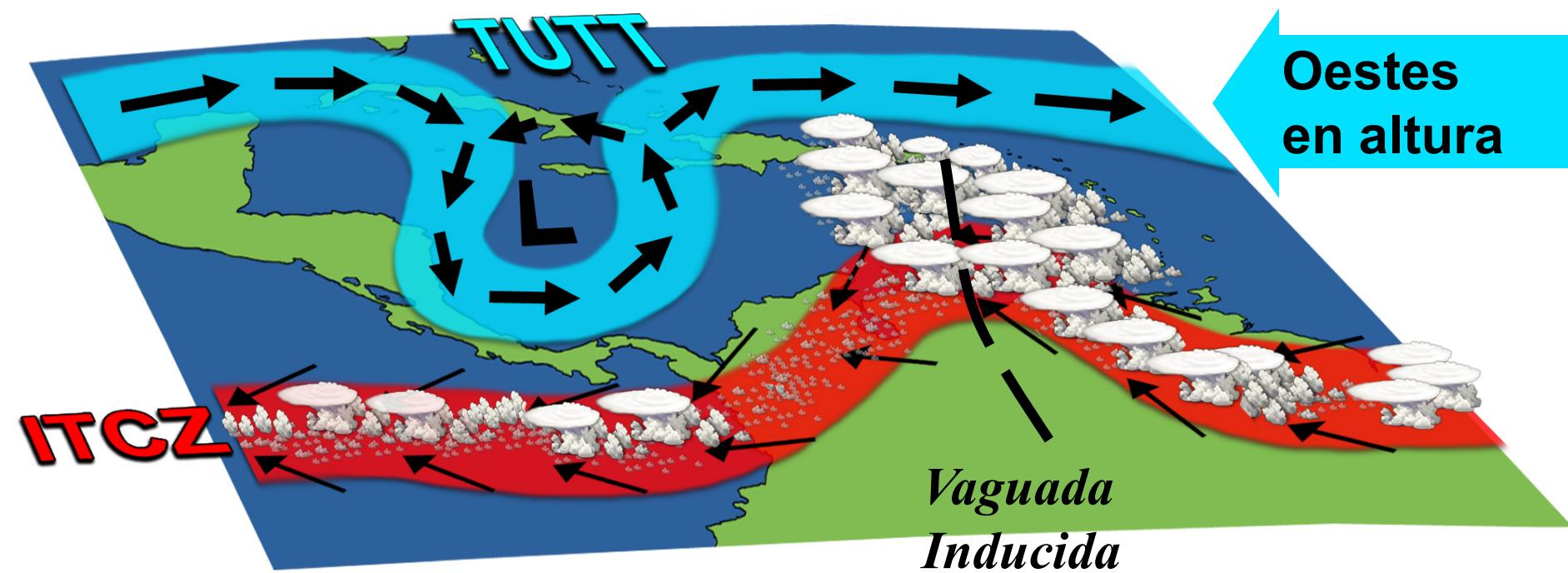
# Génesis de vaguada inducida por una TUTT

## (3) Flujo a niveles bajos responde a forzamiento en altura.

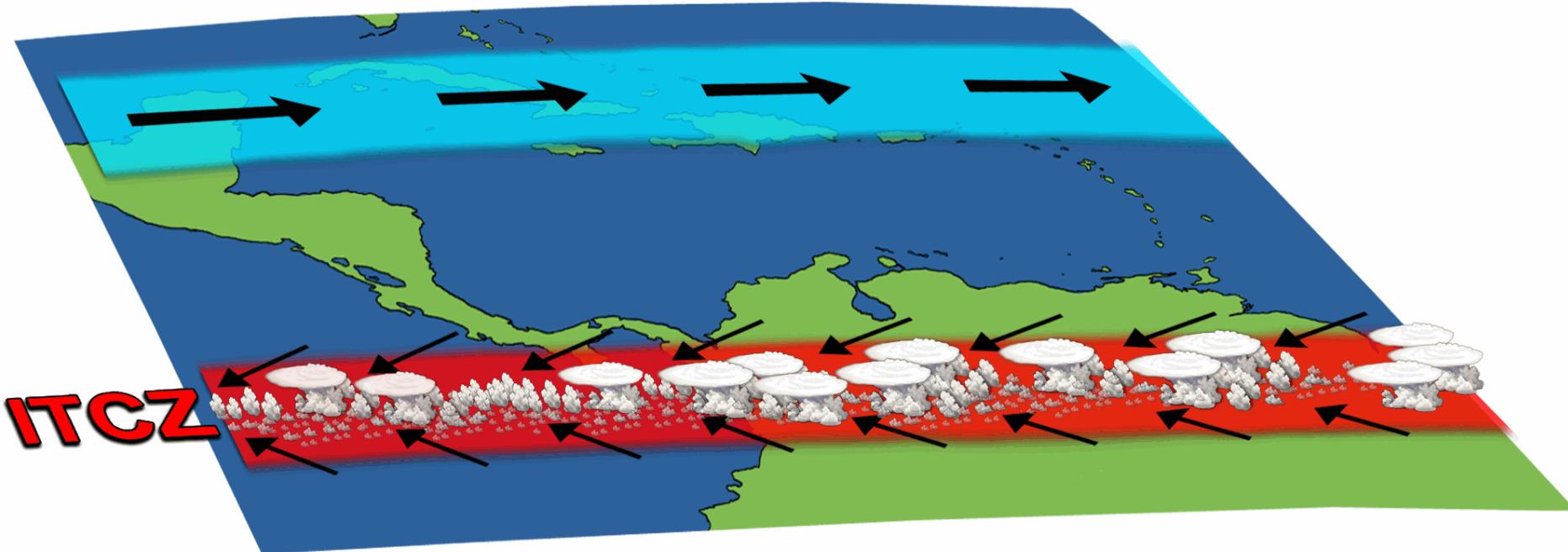
- TUTT induce caídas de geopotencial a niveles bajos.

- Genera vaguada en los Alisios.

- Modulación de la ITCZ en forma de “V” invertida parecida a una onda del este.

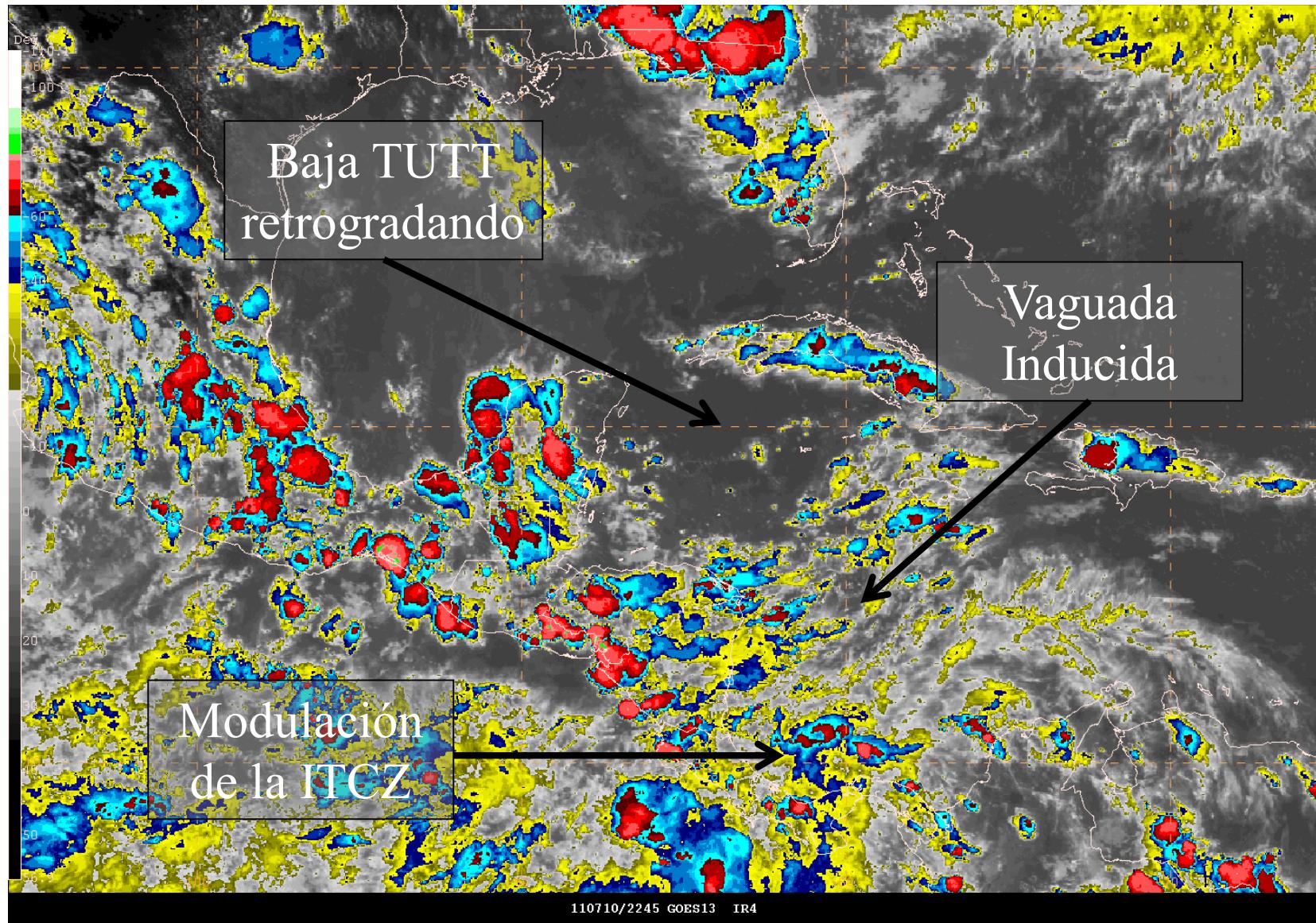


# Animación: Vaguada Inducida por una TUTT

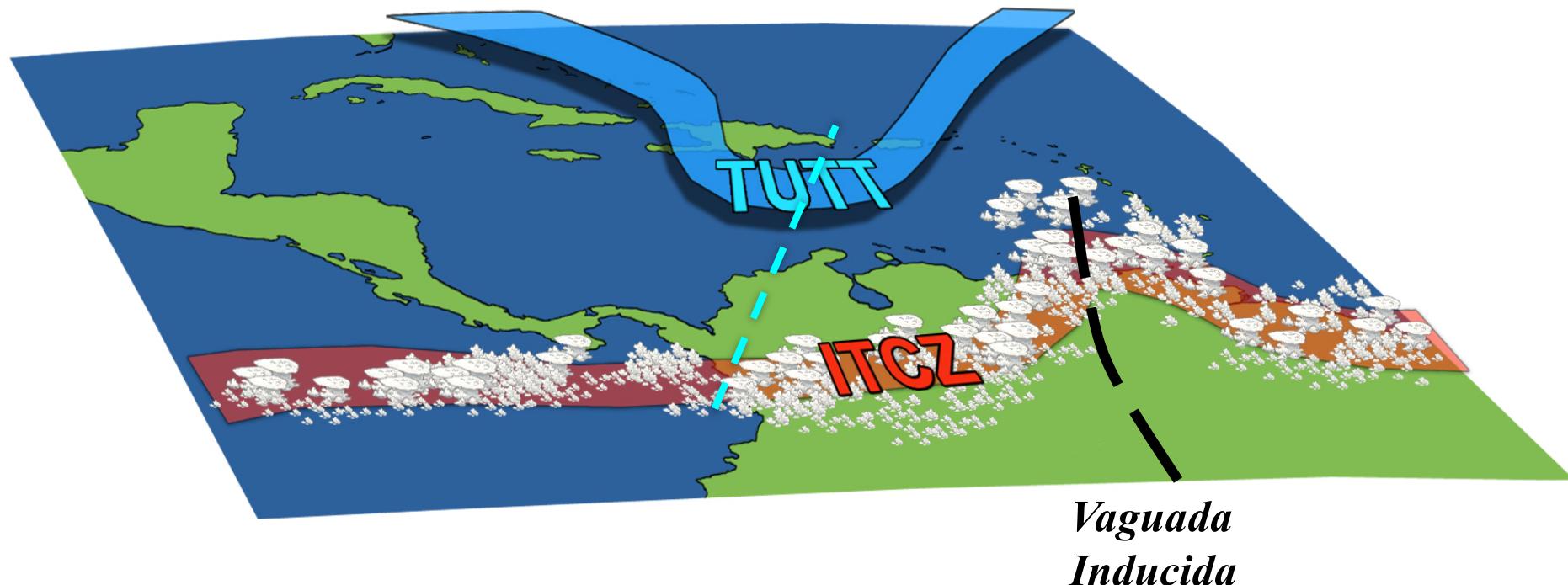


- La animación ilustra la formación de una vaguada inducida a lo largo de la ITCZ.
- ***La formación de vaguadas inducidas no se limita a la ITCZ***

# Modulación de la ITCZ por la TUTT



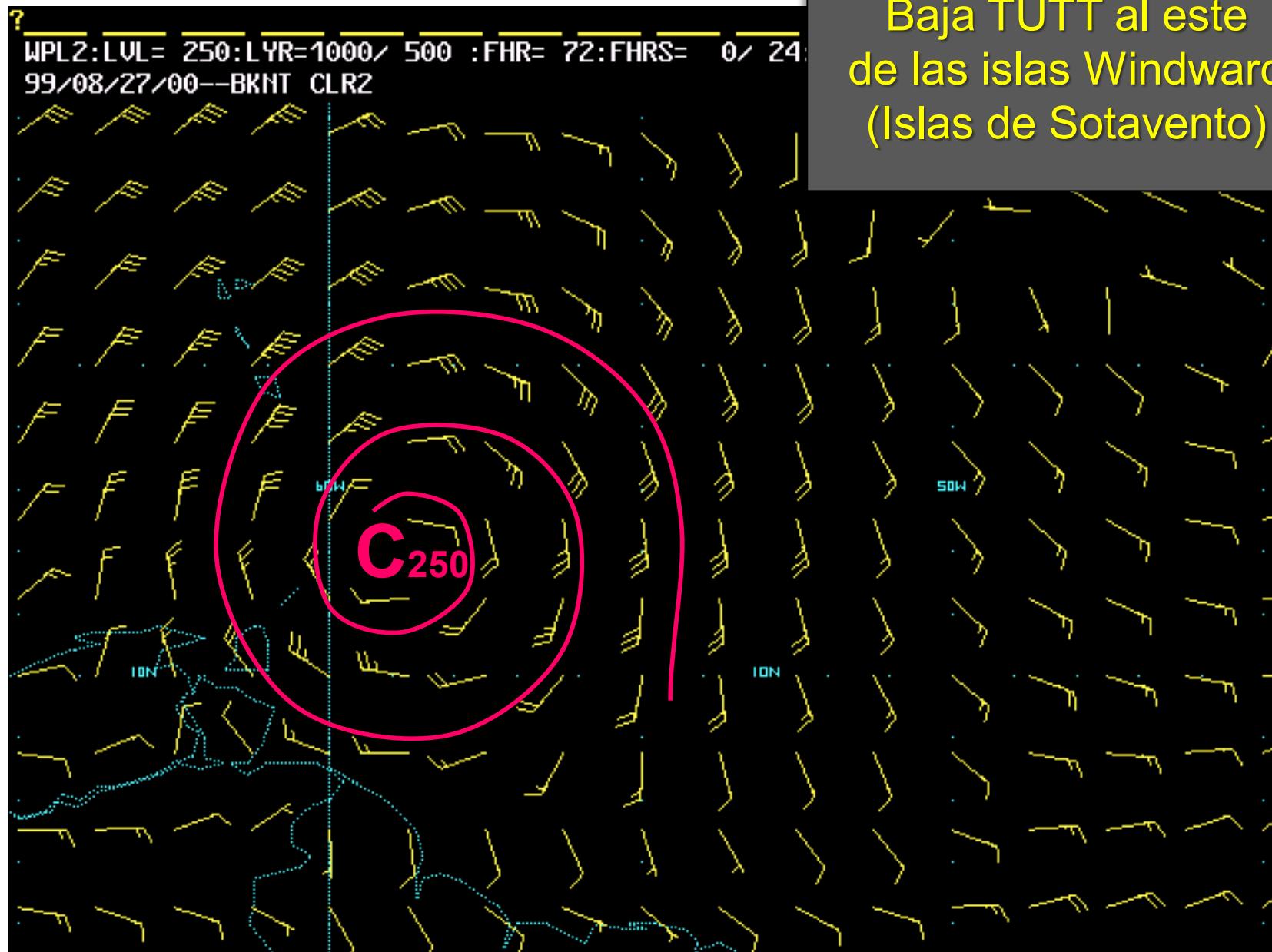
# Modelo Conceptual de Vaguada Inducida



- Para la TUTT poder inducir una vaguada en los alisios tiene que abarcar la atmósfera media y alta.
- Si la TUTT *se limita a niveles por encima de 300 hPa* es poco probable que induzca una perturbación en los alisios.
- Cuando se forma una onda, se puede desenlazar de la vaguada en altura y propagarse como una onda tropical. Pero se tiende a debilitar con el paso del tiempo.

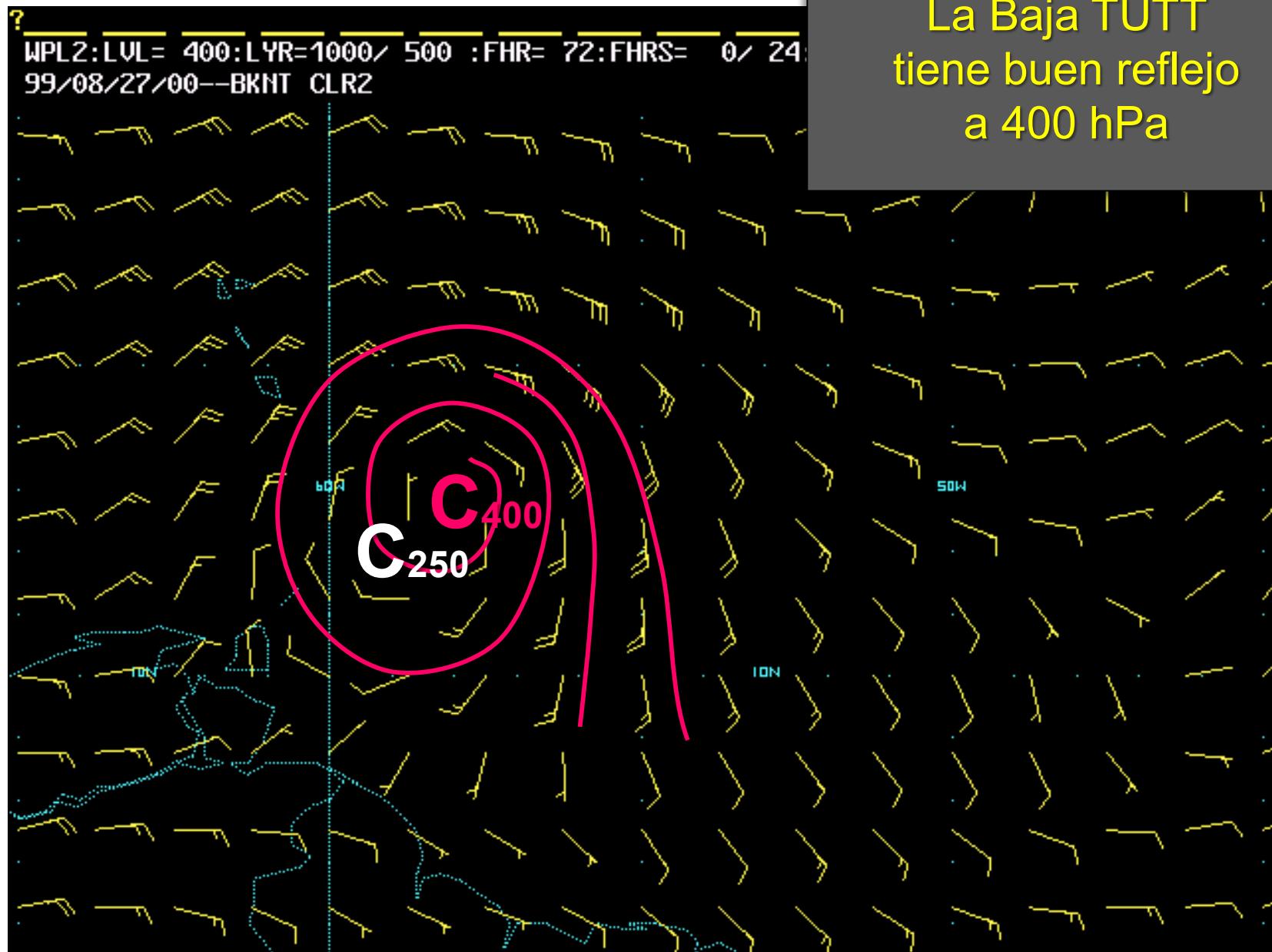
# **Modelación Numérica de una TUTT y su Vaguada Inducida**

# Baja TUTT en 250 hPa



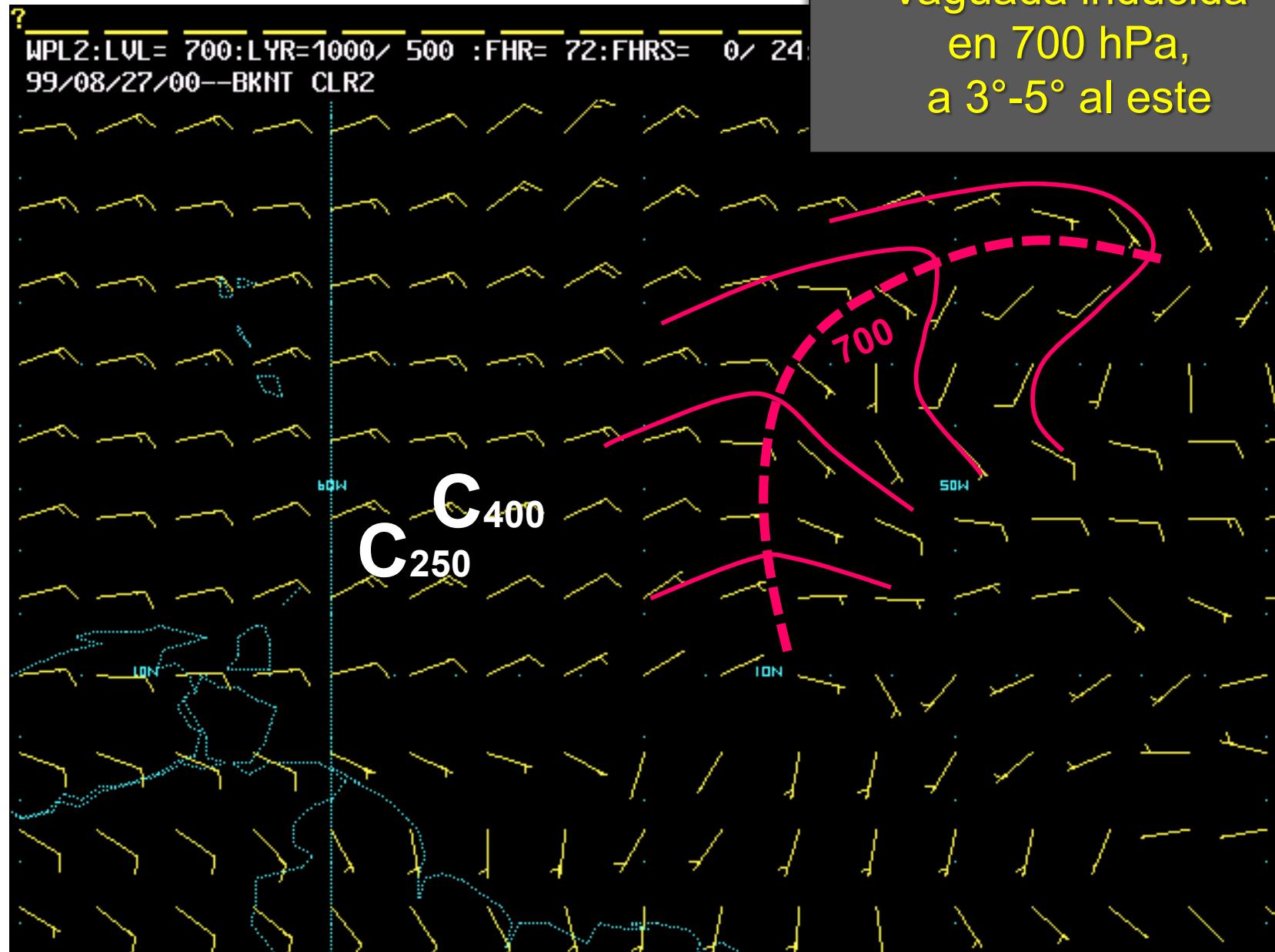
Baja TUTT al este  
de las islas Windward  
(Isla de Sotavento)

# Baja TUTT en 400 hPa



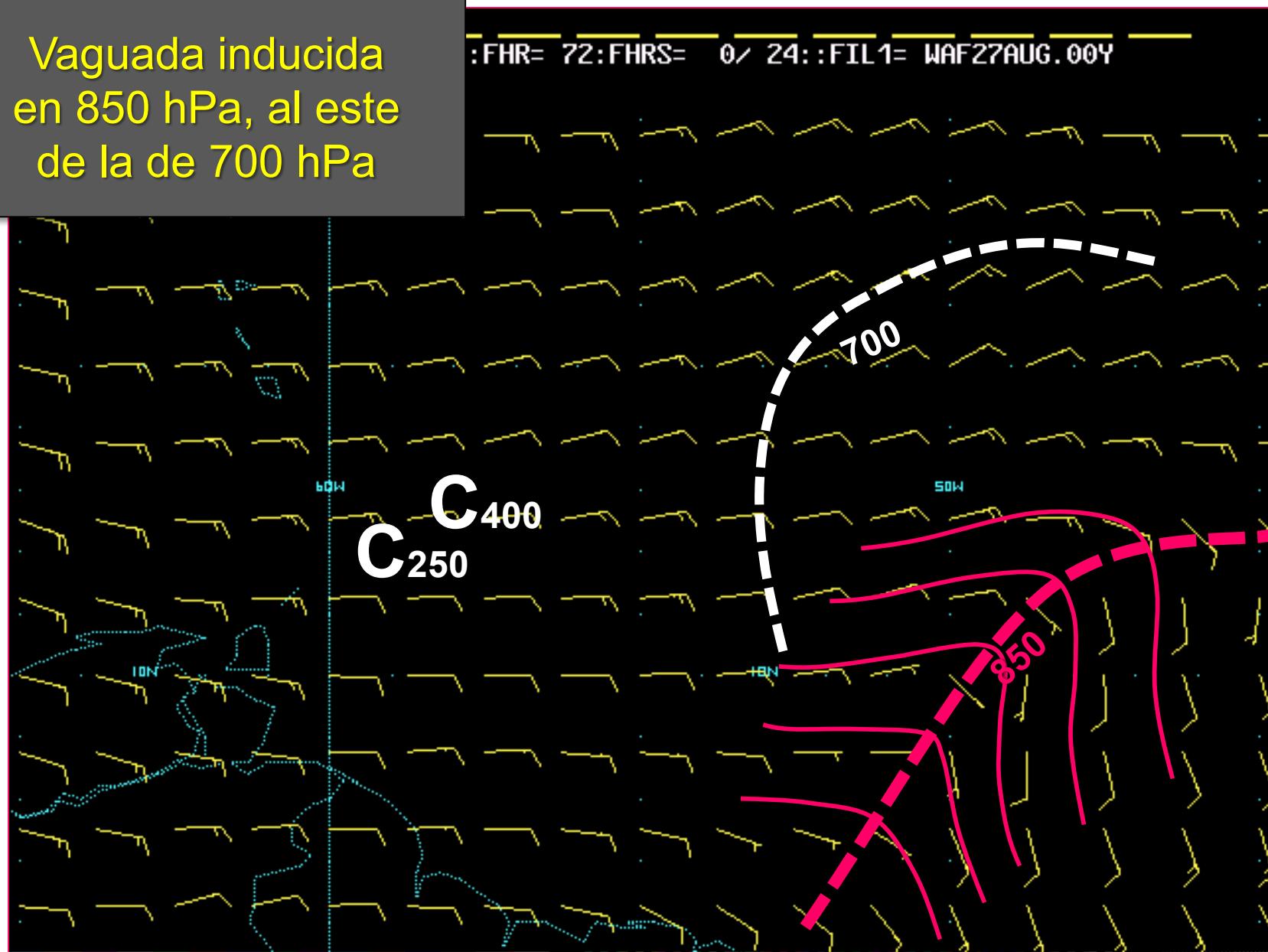
La Baja TUTT  
tiene buen reflejo  
a 400 hPa

# Vaguada abierta en 700 hPa

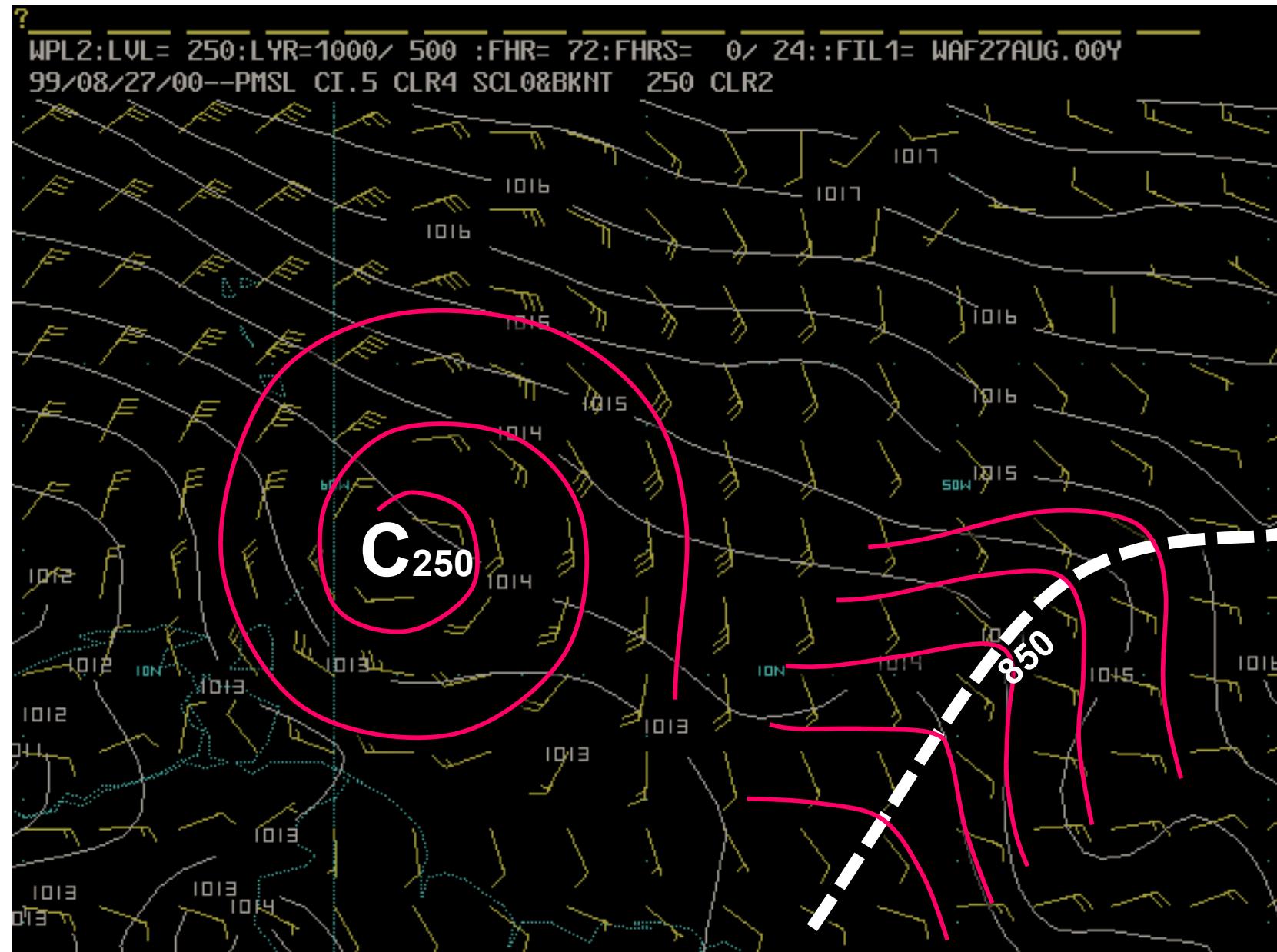


# Vaguada invertida inducida en 850 hPa

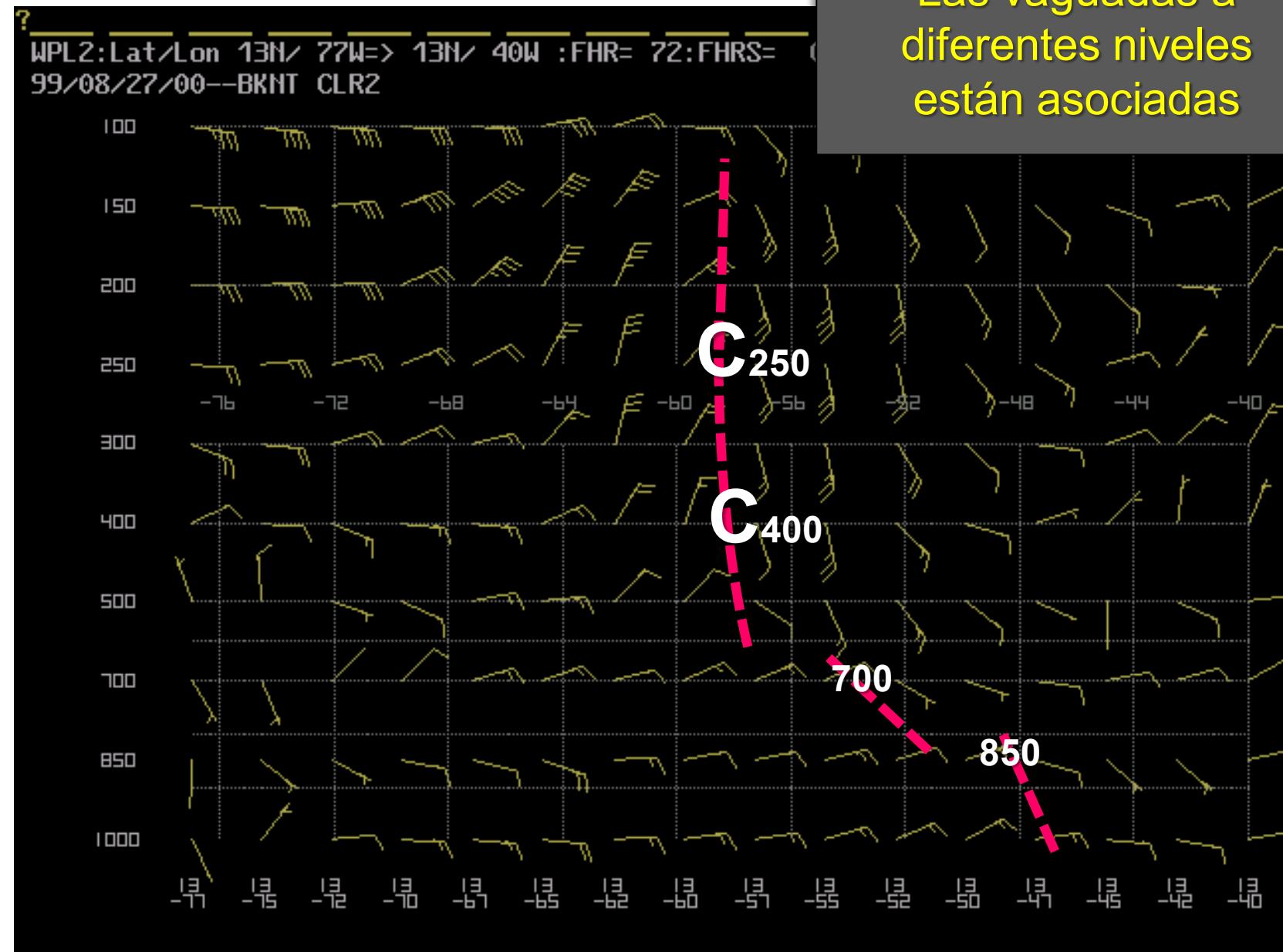
Vaguada inducida  
en 850 hPa, al este  
de la de 700 hPa



# TUTT en 250 hPa y Vaguada en Capas Bajas

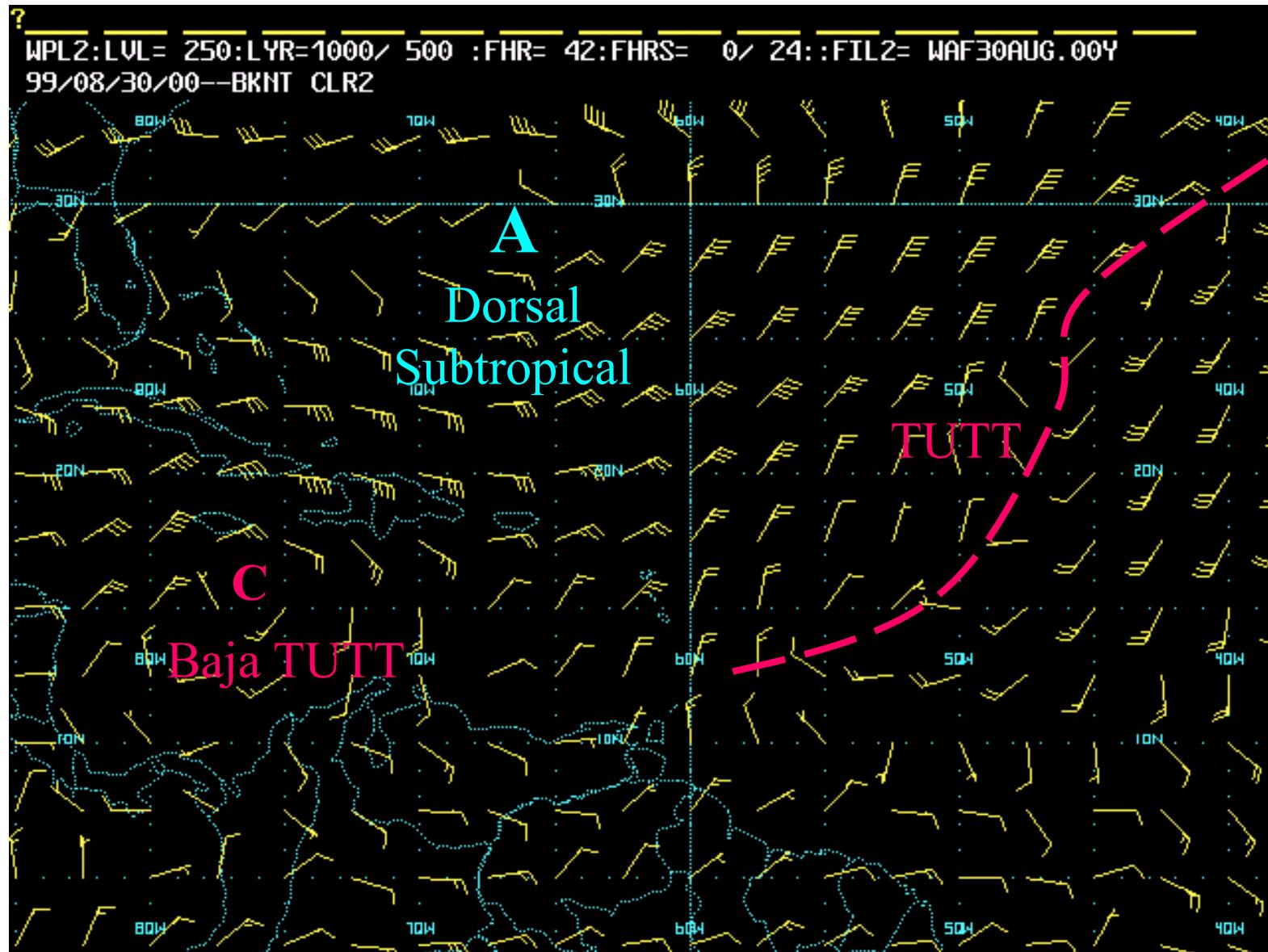


# Corte vertical



Las vaguadas a diferentes niveles están asociadas

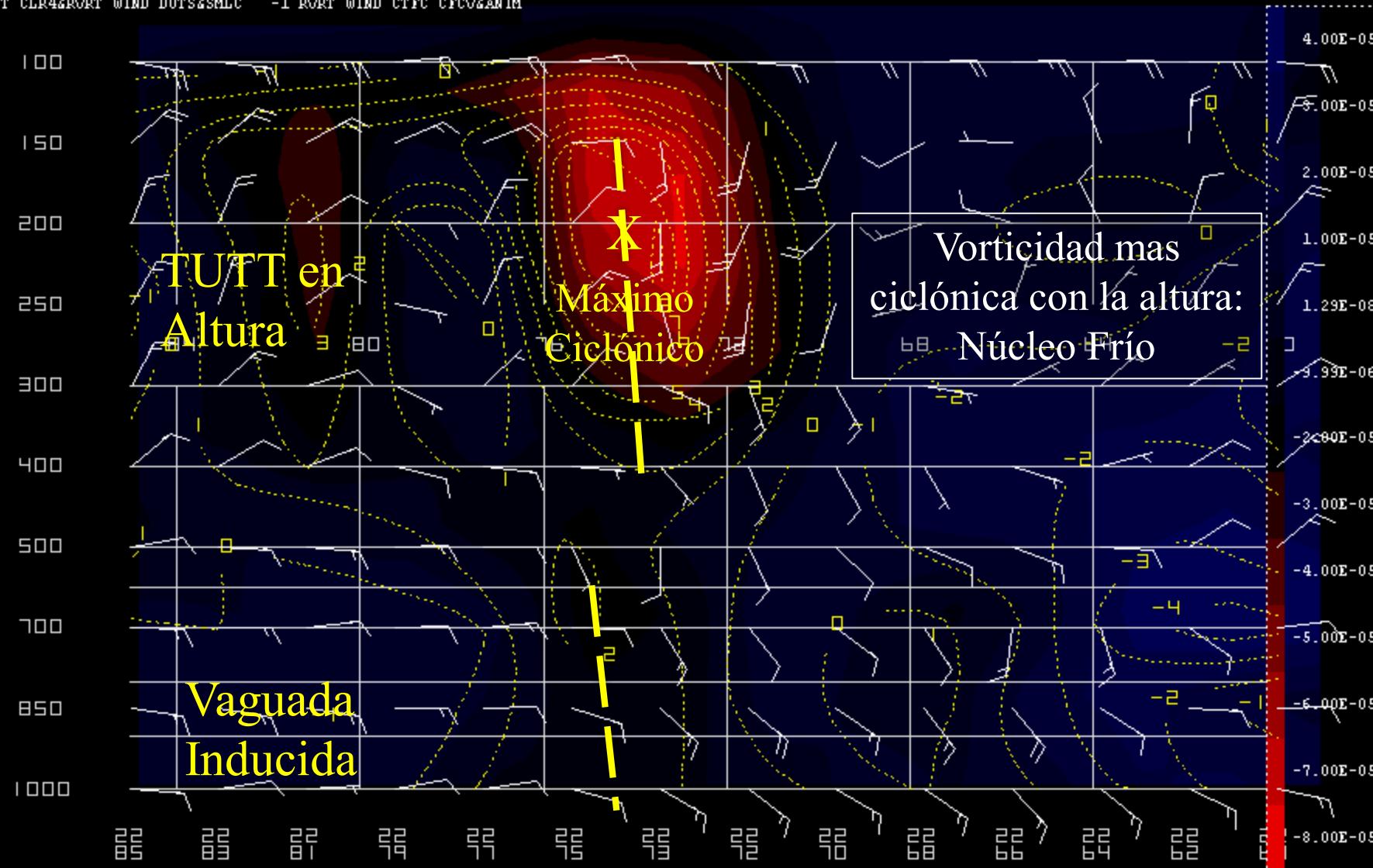
# Otro ejemplo: Vientos a 250 hPa





# Corte Vertical de Vorticidad y Vientos (Ciclónica en Rojo)

Lat/Lon 22N/ 85W=> 22N/ 60W : FHR= 9: FHRs= 0/ 24:: FILE=AUG060806.MN003  
8/ 6/ 6--BKNT CLR4&WRT WIND DOTS&SMCLC -1 WRT WIND CTFC CFCU&ANIM



# Determinando la Estructura Vertical de una TUTT

Canales de Vapor de Agua  
GOES-16

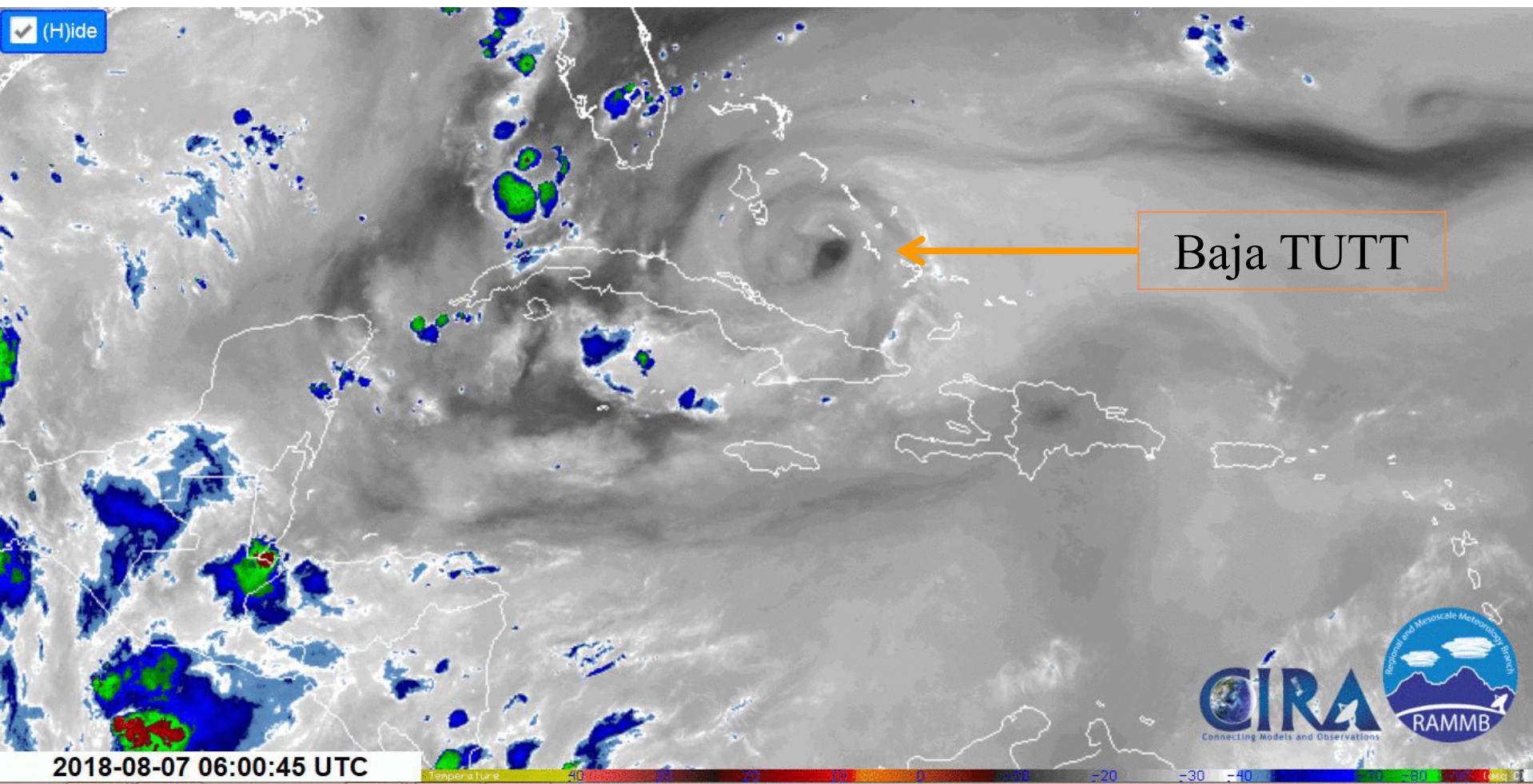
# Determinando la Estructura Vertical de una TUTT

- GOES-16 tiene tres canales de vapor de agua
  - 6.2 micrón para evaluar la **atmosfera superior**
  - 6.9 micrón para evaluar la **atmosfera media**
  - 7.3 micrón para evaluar la **atmosfera media-baja**

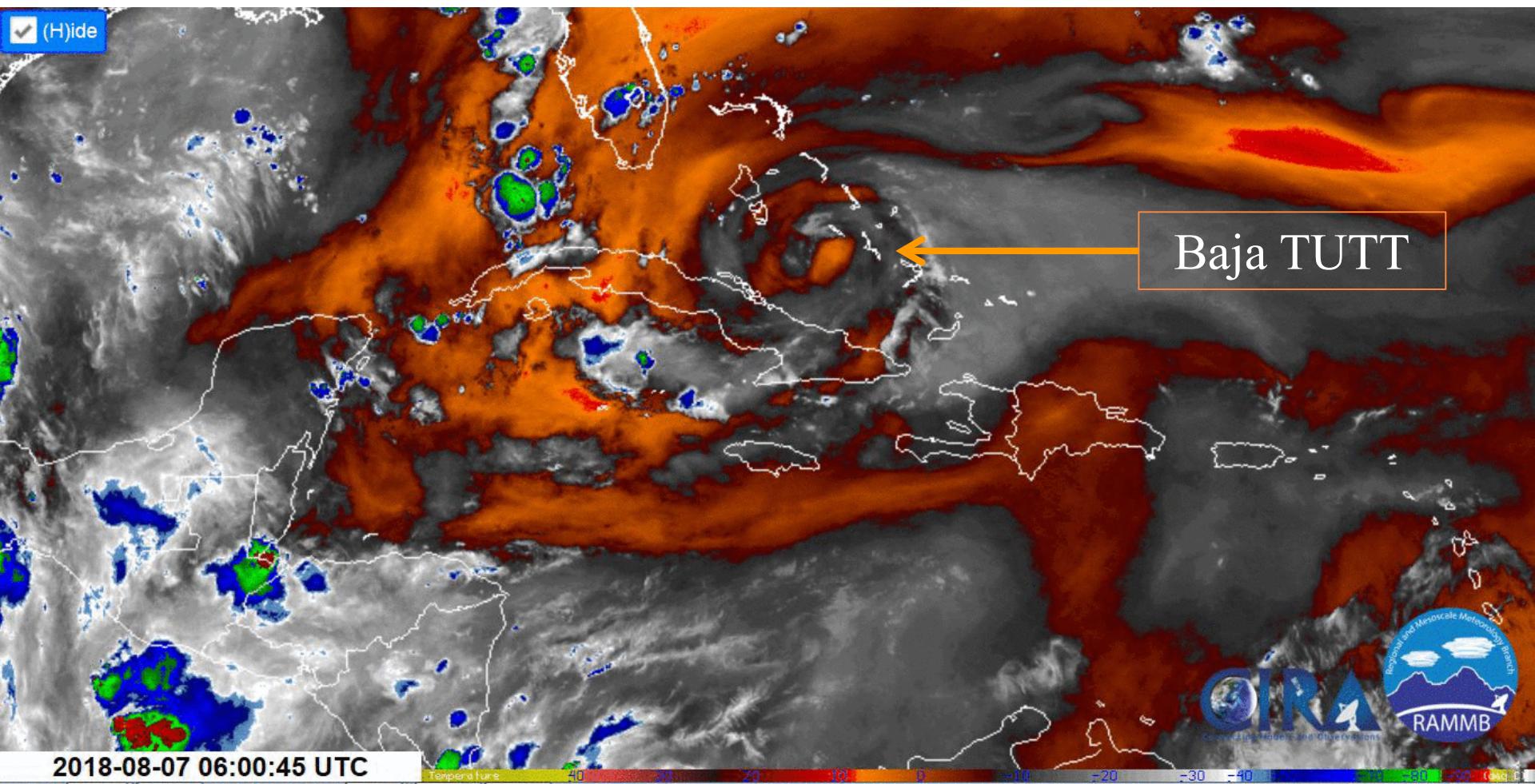
# Determinando la Estructura Vertical de una TUTT

- Si la vaguada, o baja, se ve en los **tres canales**, podemos deducir que tiene una estructura profunda.
  - Puede inducir una vaguada en los alisios
- Si la vaguada es solamente evidente en las imágenes de **6.2 micrón**, esta confinada a la atmósfera alta.
  - No puede inducir una vaguada en los alisios

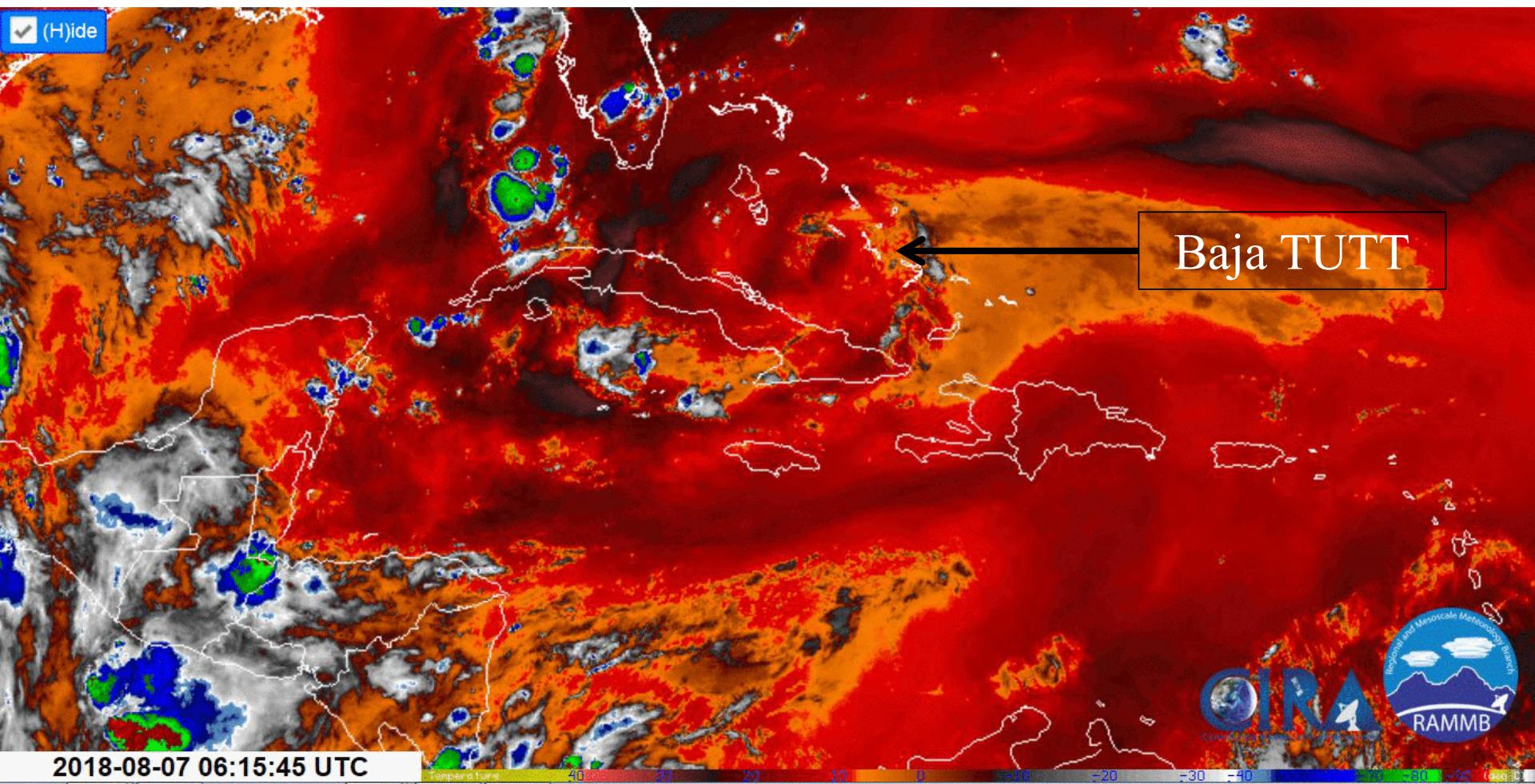
# Imagen de 6.2 micrón



# Imagen de 6.9 micrón

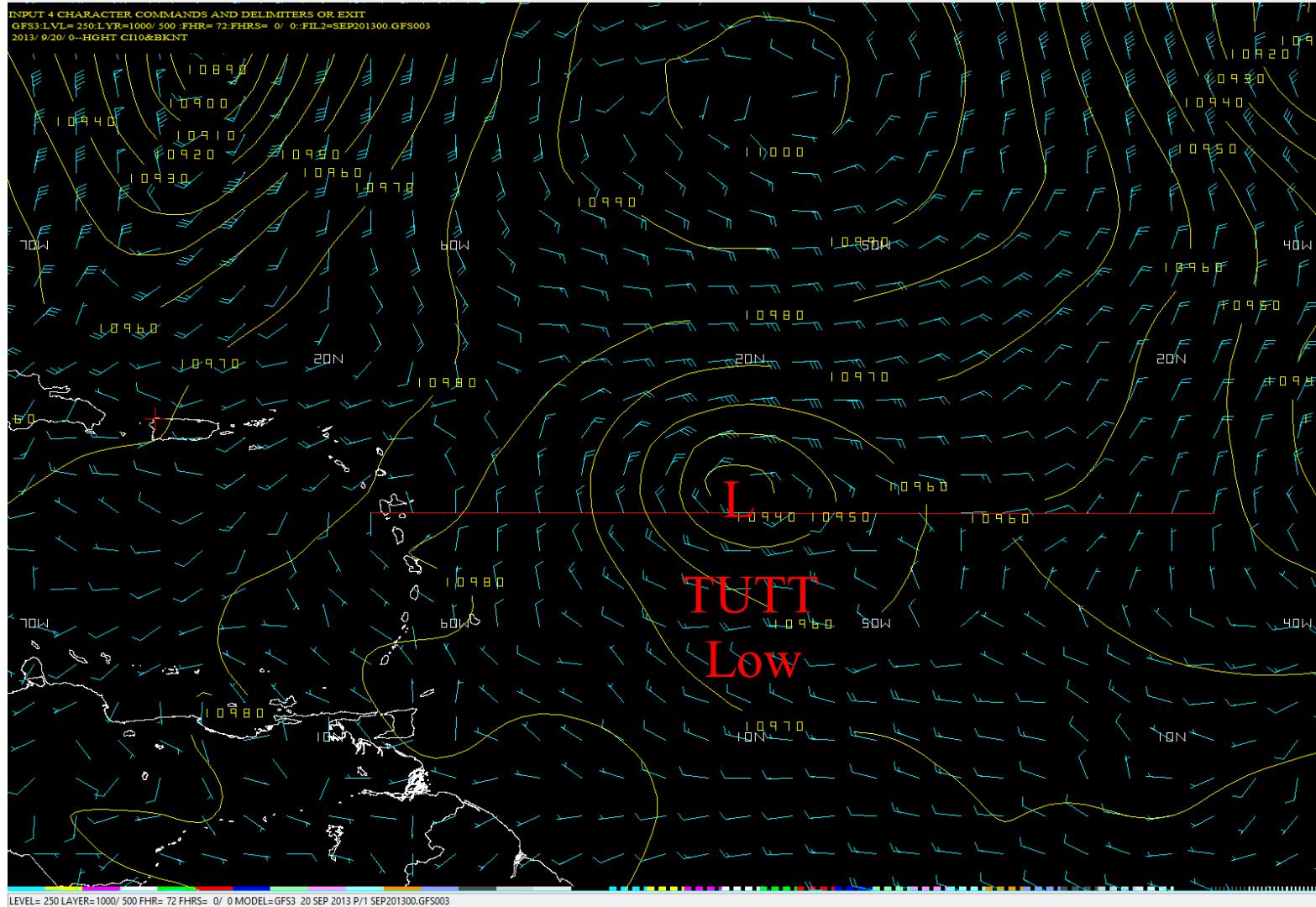


# Imagen de 7.3 micrón



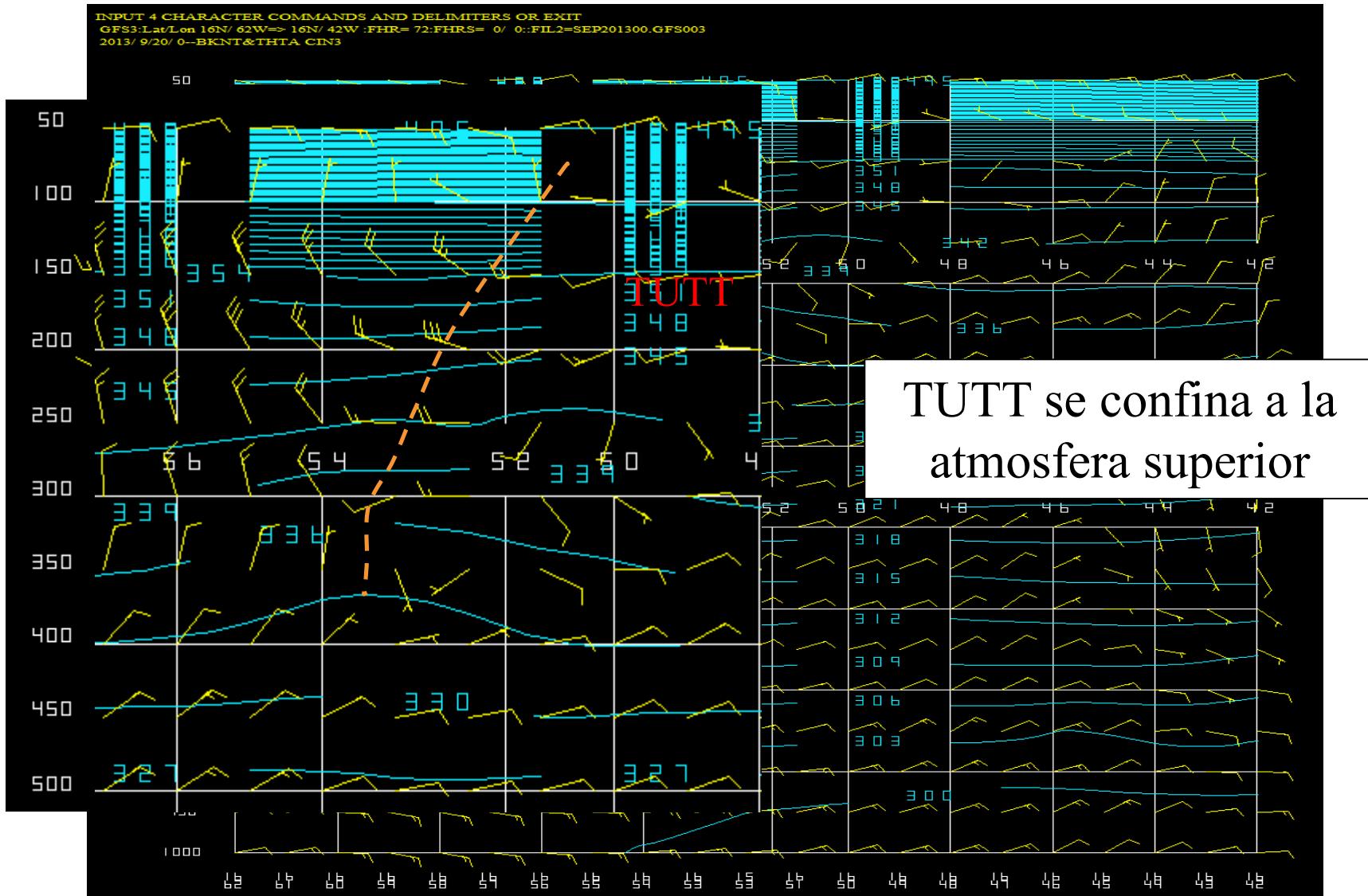
# Baja TUTT en 250 hPa

## ¿Es suficientemente profunda?



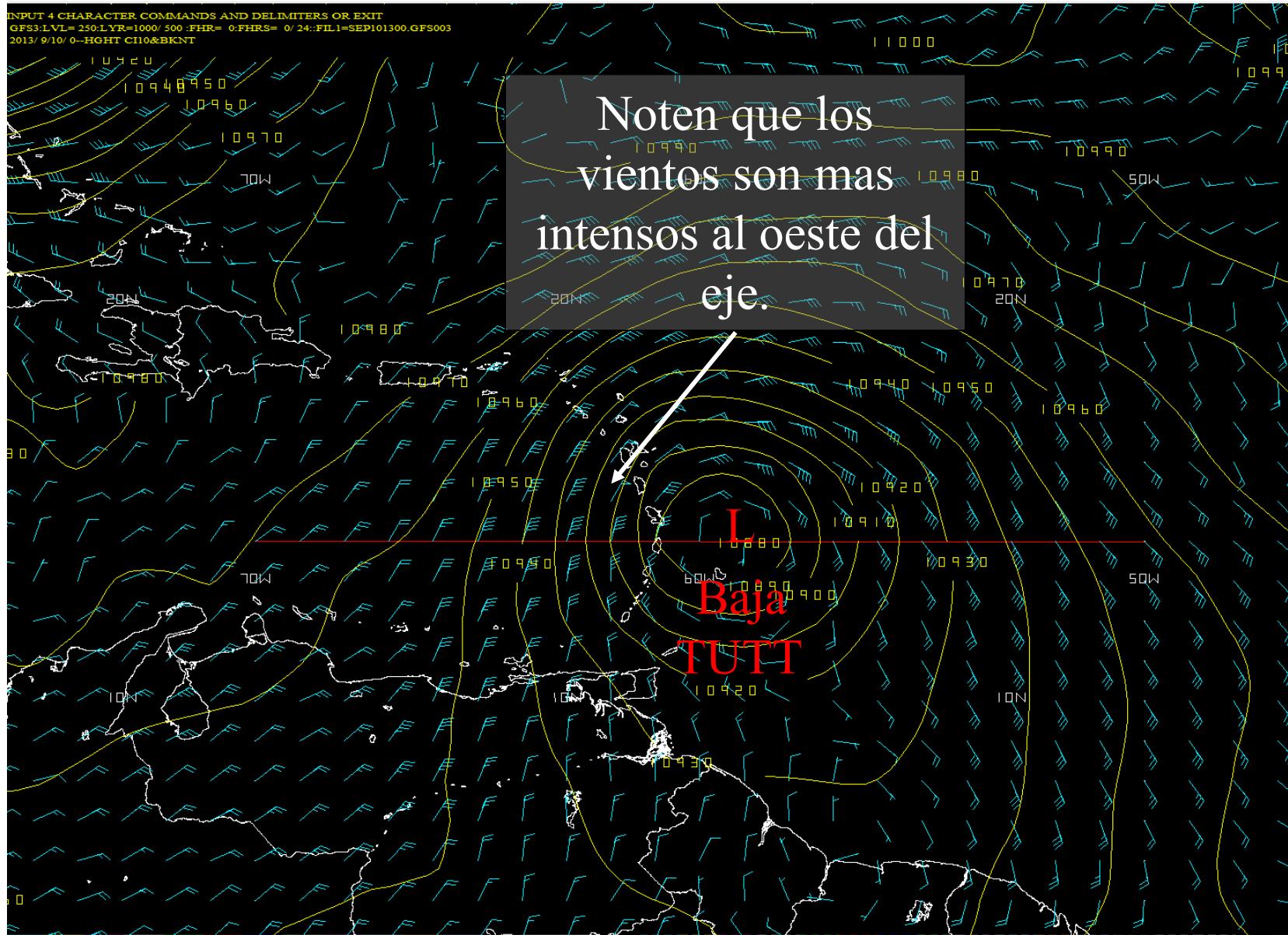
# Perfil Vertical de THTA y Vientos

TUTT Capa Llana: Poco probable que induzca una vaguada en bajo nivel



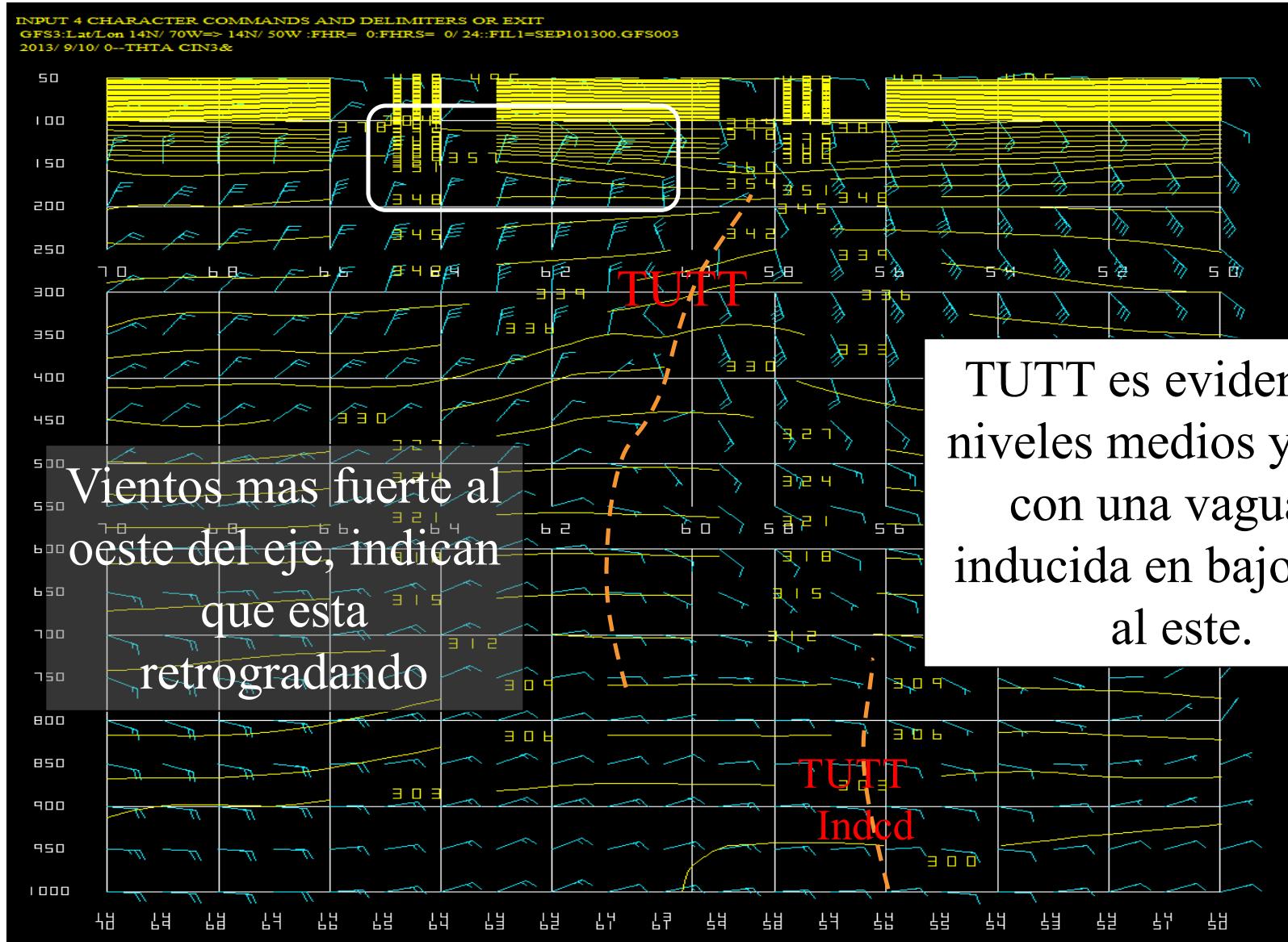
# Baja TUTT en 250 hPa

## ¿Es suficientemente profunda?



# Perfil Vertical – THTA y Vientos

Profunda TUTT: Probable que induzca una perturbación en bajo nivel

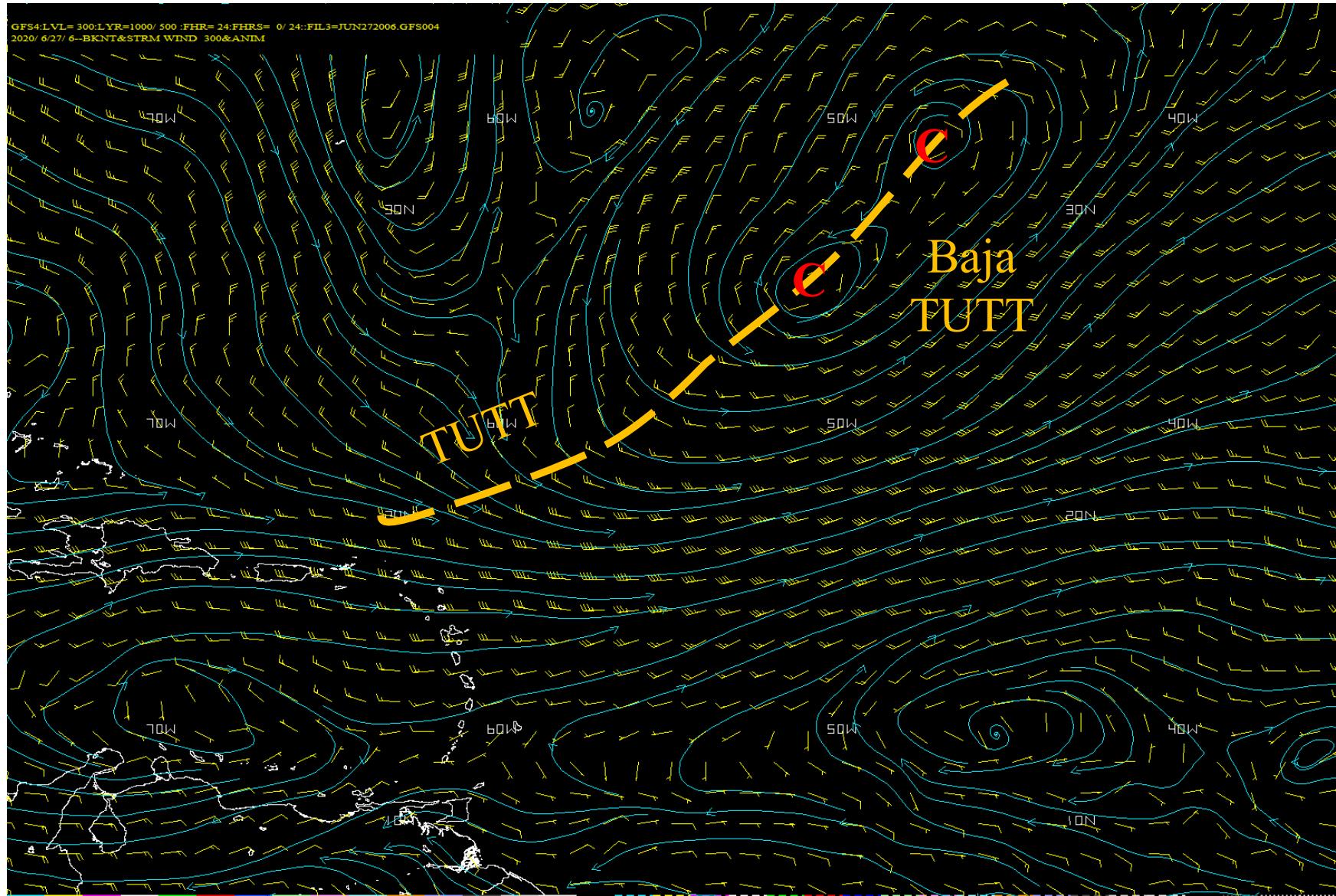


Vientos mas fuerte al oeste del eje, indican que esta retrogradando

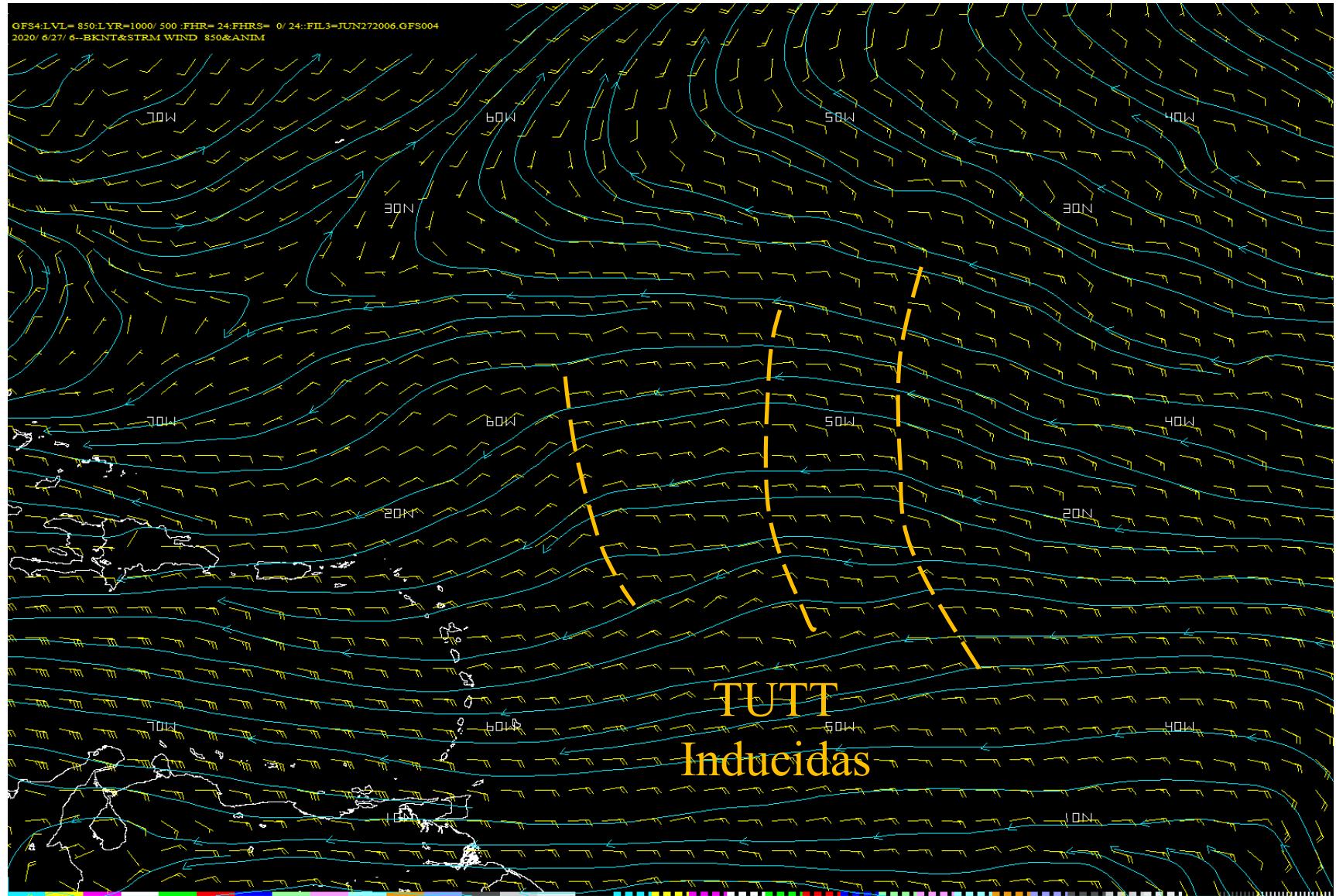
# Vaguada Inducida por la TUTT

- Si la base de la profunda vaguada en altura esta a mas de unos cinco grados al norte de la ITCZ:
- No hay modulación de la ITCZ
- Pero todavía puede inducir una vaguada al este del eje

# 300 hPa - Vaguada y Baja TUTT



# 850 hPa – Vaguada Inducida



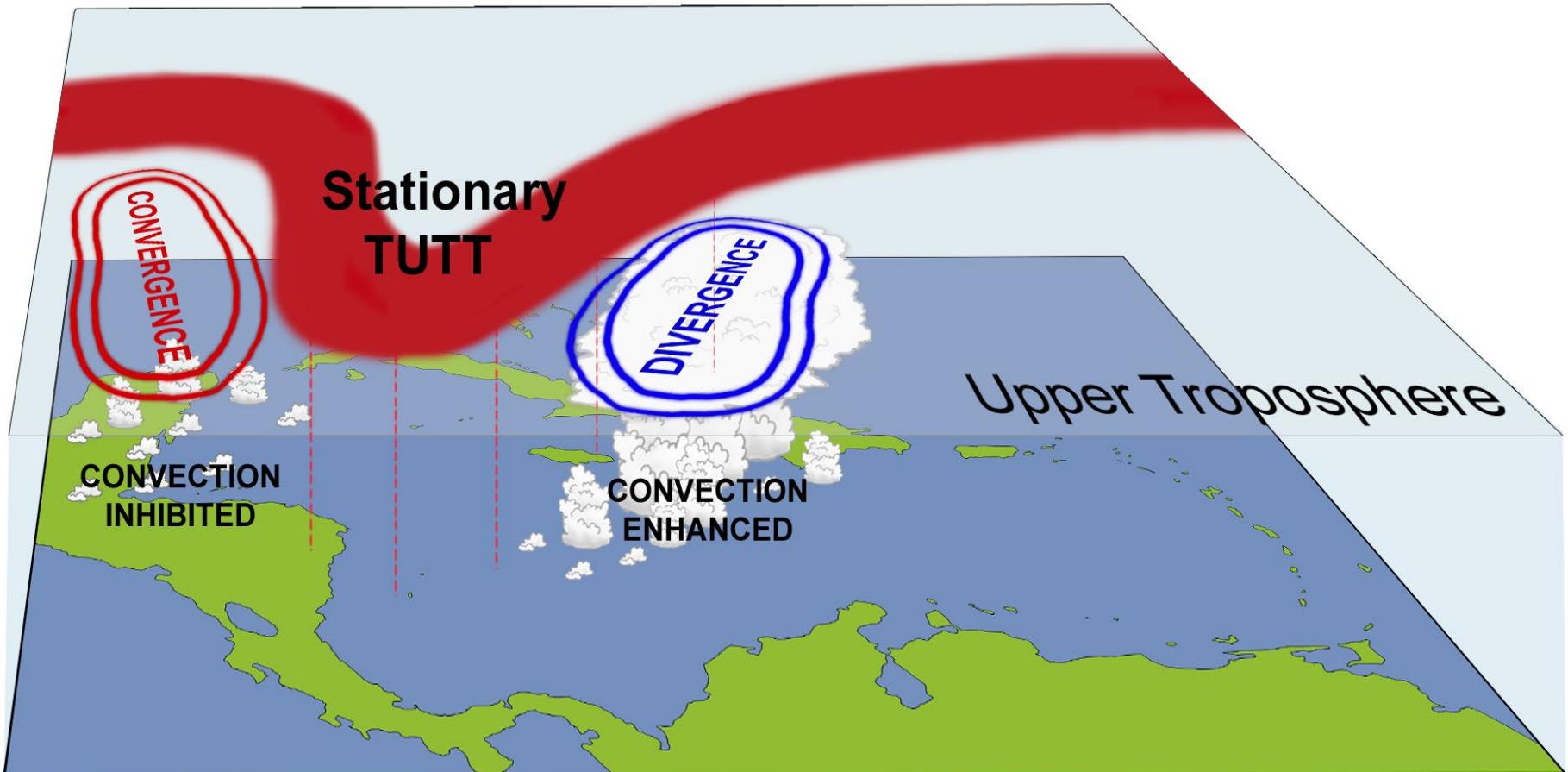
# **Divergencia/Convergencia Asociada a una TUTT**

# ¿Dónde se observa la convergencia y/o divergencia con una TUTT?

- Depende si....
  - Esta estacionaria
  - Esta retrogradando
  - Dinámicas del Jet/Corriente en Chorro

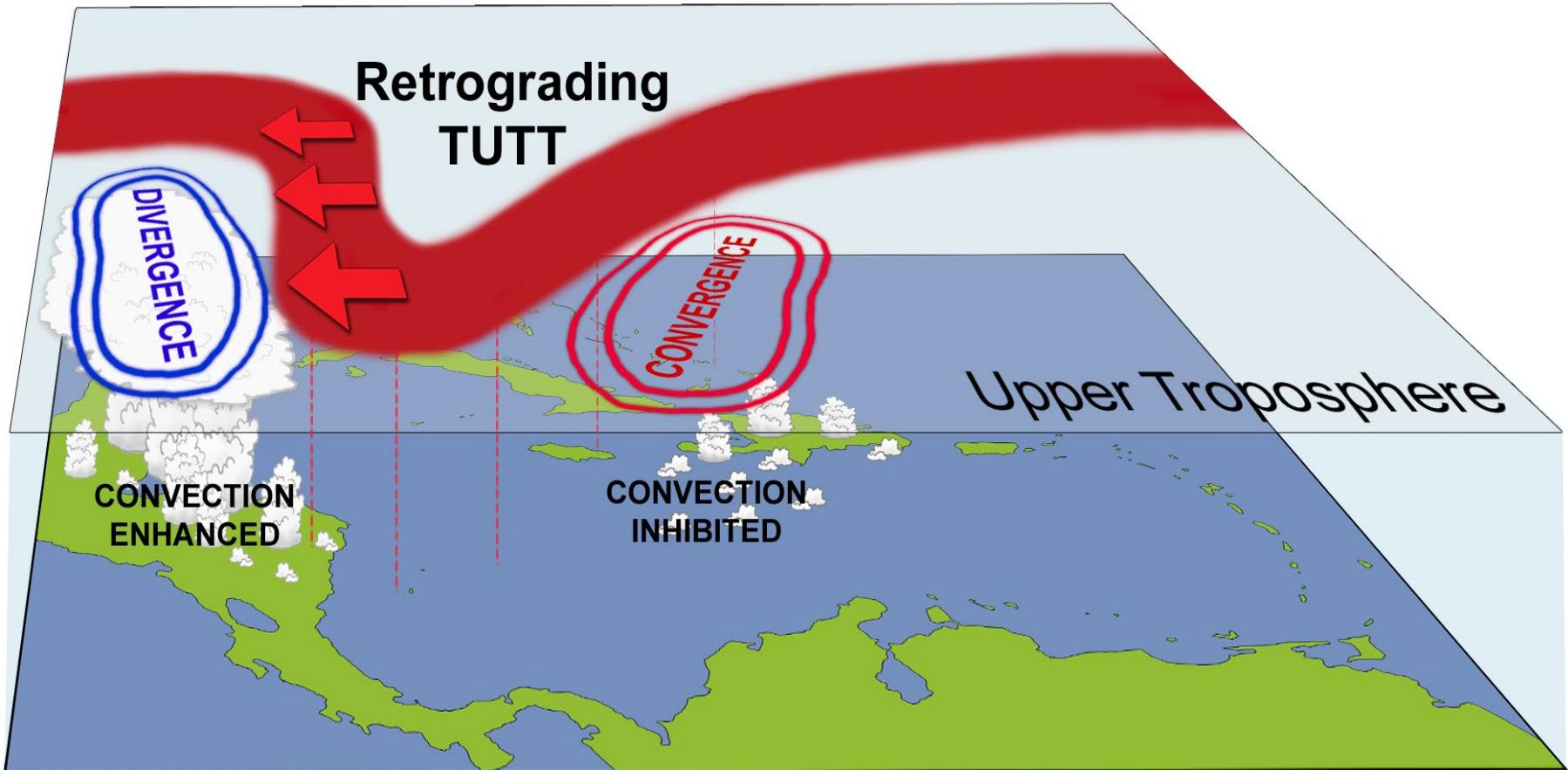
# TUTT Estacionaria

- Con el eje *estacionario o de inclinación positiva*, la mejor divergencia en altura se manifiesta al este del eje.
- Convergencia en altura al oeste del eje.
- Algunas áreas de convergencia en altura a lo largo del eje.



# TUTT que Retrograda

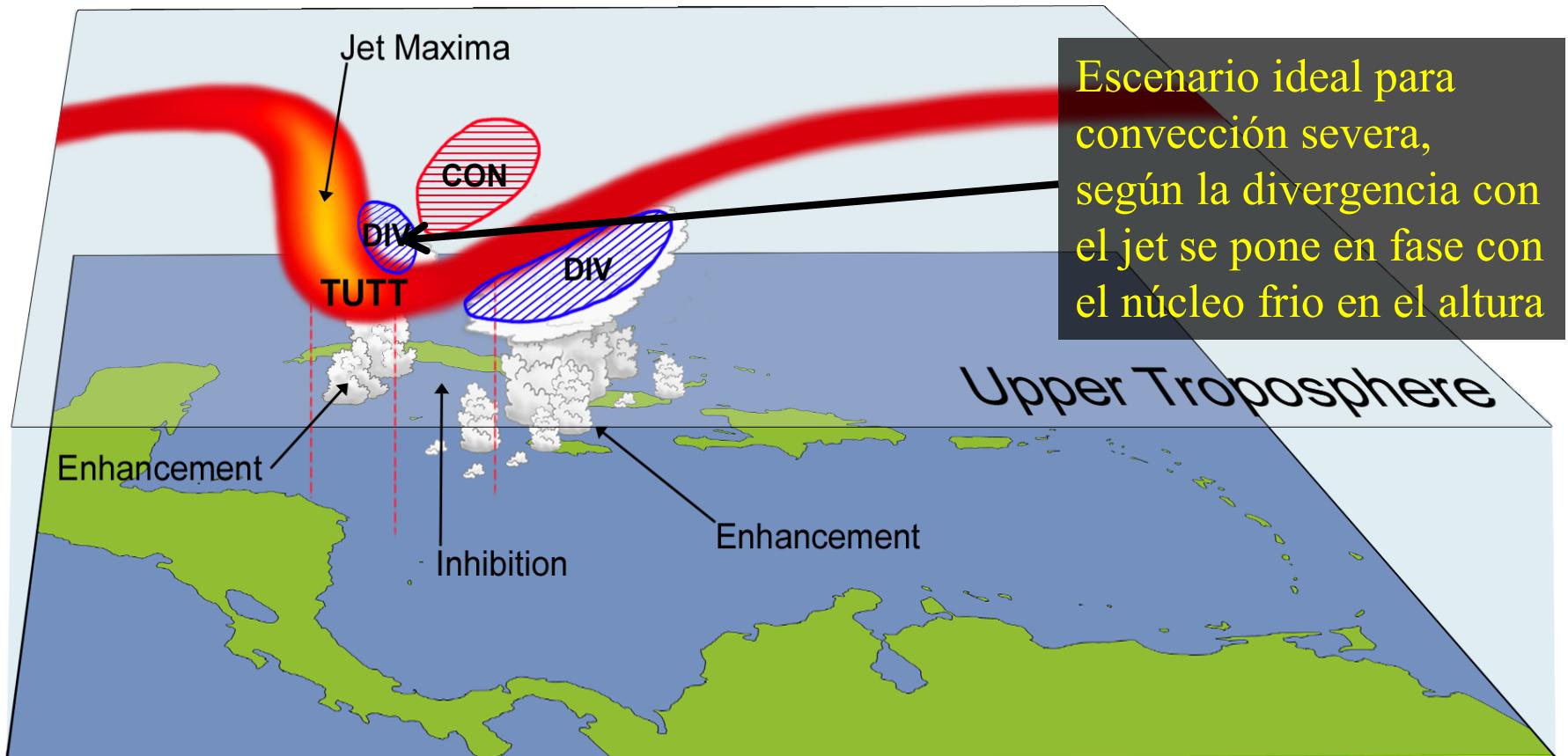
- Al retrogradar, el eje de la vaguada toma *inclinación negativa*, con mayor divergencia en altura al oeste del eje.
- Convergencia en altura al este del eje.
- Algunas áreas de convergencia en altura a lo largo del eje.



# Jet Rotando Alrededor de la TUTT

## Máxima de jet flujo arriba (al oeste)

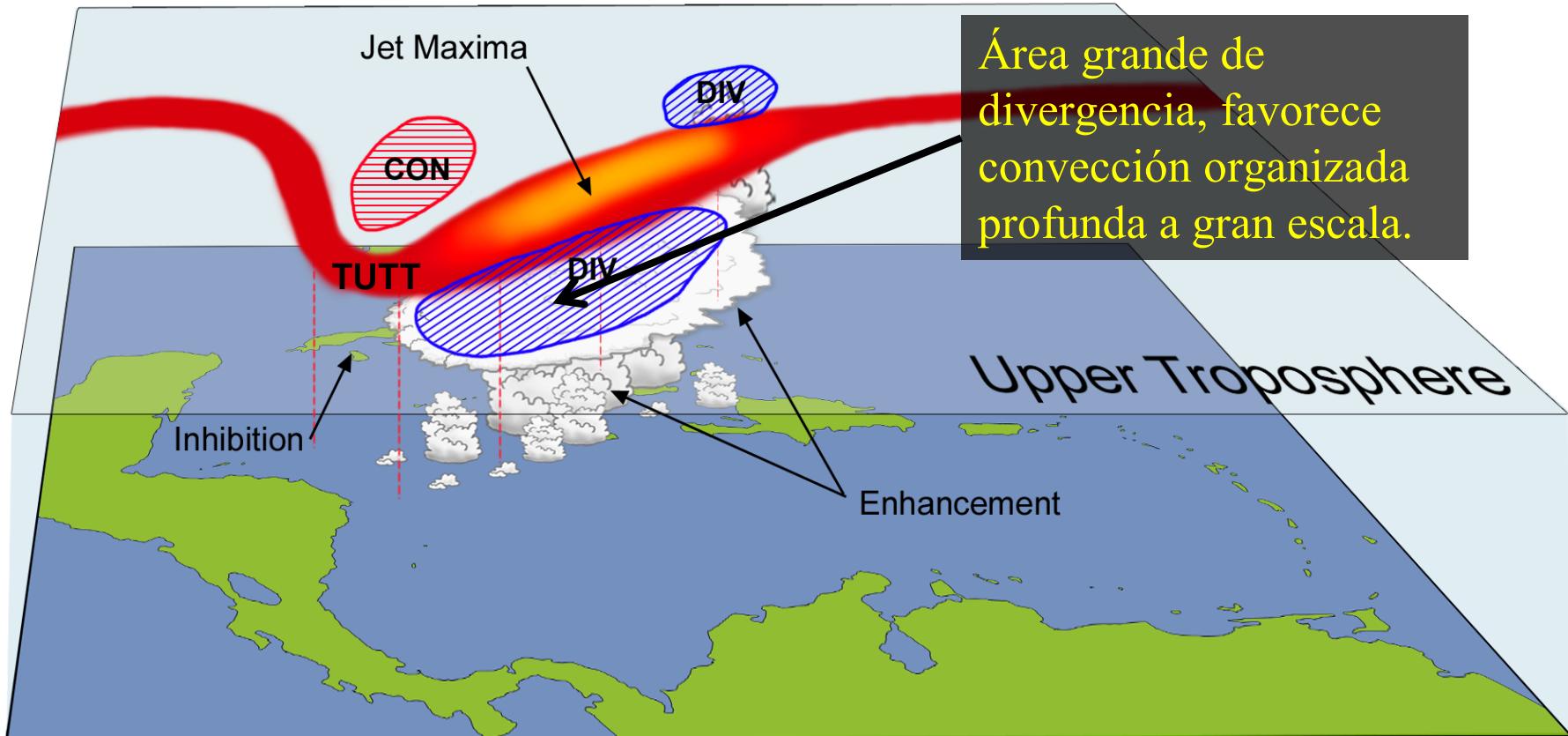
- Mejor divergencia en altura al sureste de la TUTT.
- Áreas de divergencia en altura en la salida izquierda del jet.
- Convergencia en altura a lo largo del eje de la TUTT.



# Jet Rotando Alrededor de la TUTT

## Máxima jet flujo abajo (al este)

- Divergencia en altura exacerbada al sureste de la TUTT.
- Áreas de divergencia en altura en la salida izquierda del jet.
- Convergencia en altura a lo largo del eje de la TUTT.



# Interacción de Escalas

Onda Tropical Interactuando  
con una TUTT

# Interacción entre Onda Tropical y TUTT

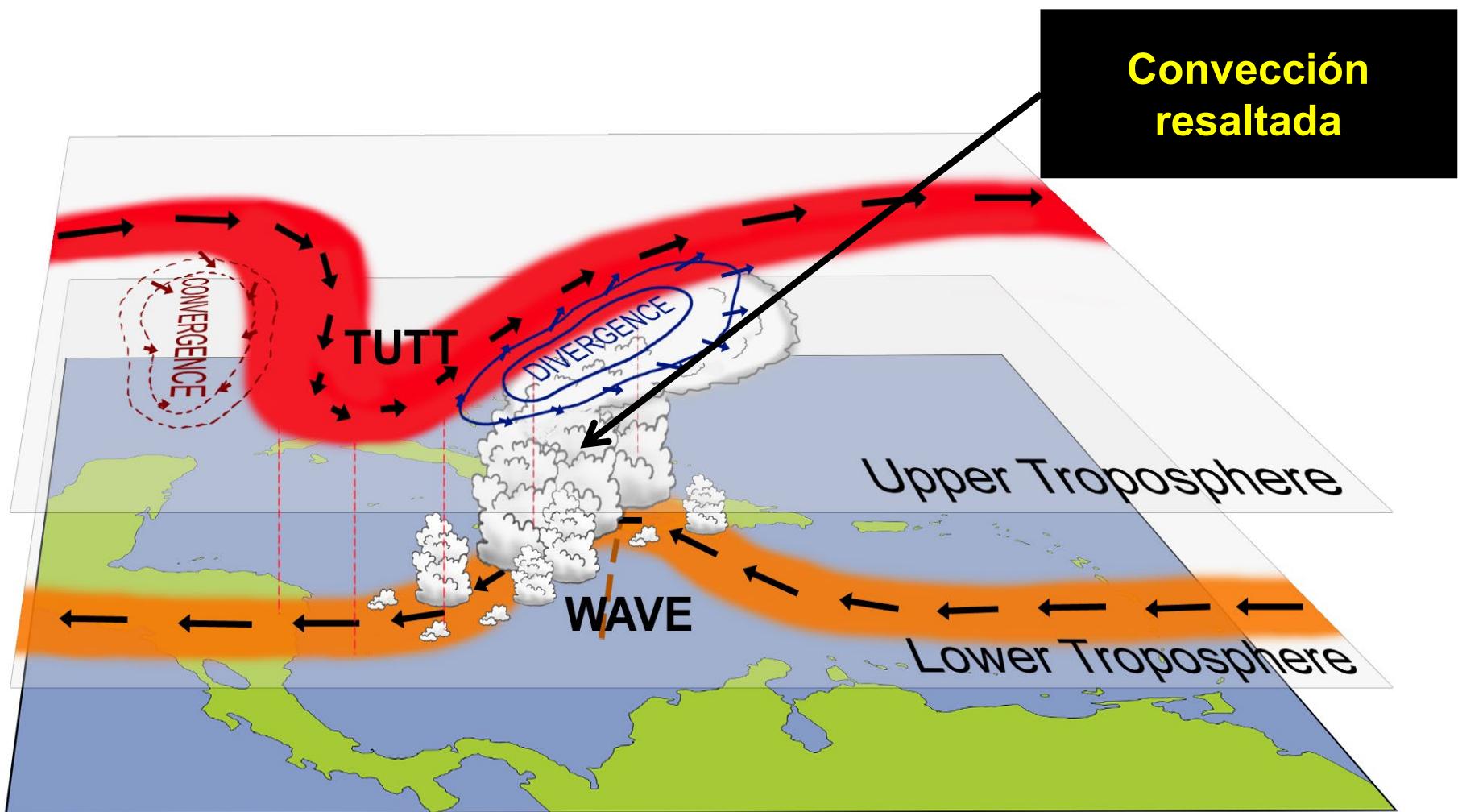
- Las vaguadas TUTT son sistemas de escala meso-sinópticos
- ¿Qué sucede cuando una onda tropical se propaga por debajo de una TUTT?

# Interacción entre Onda Tropical y TUTT

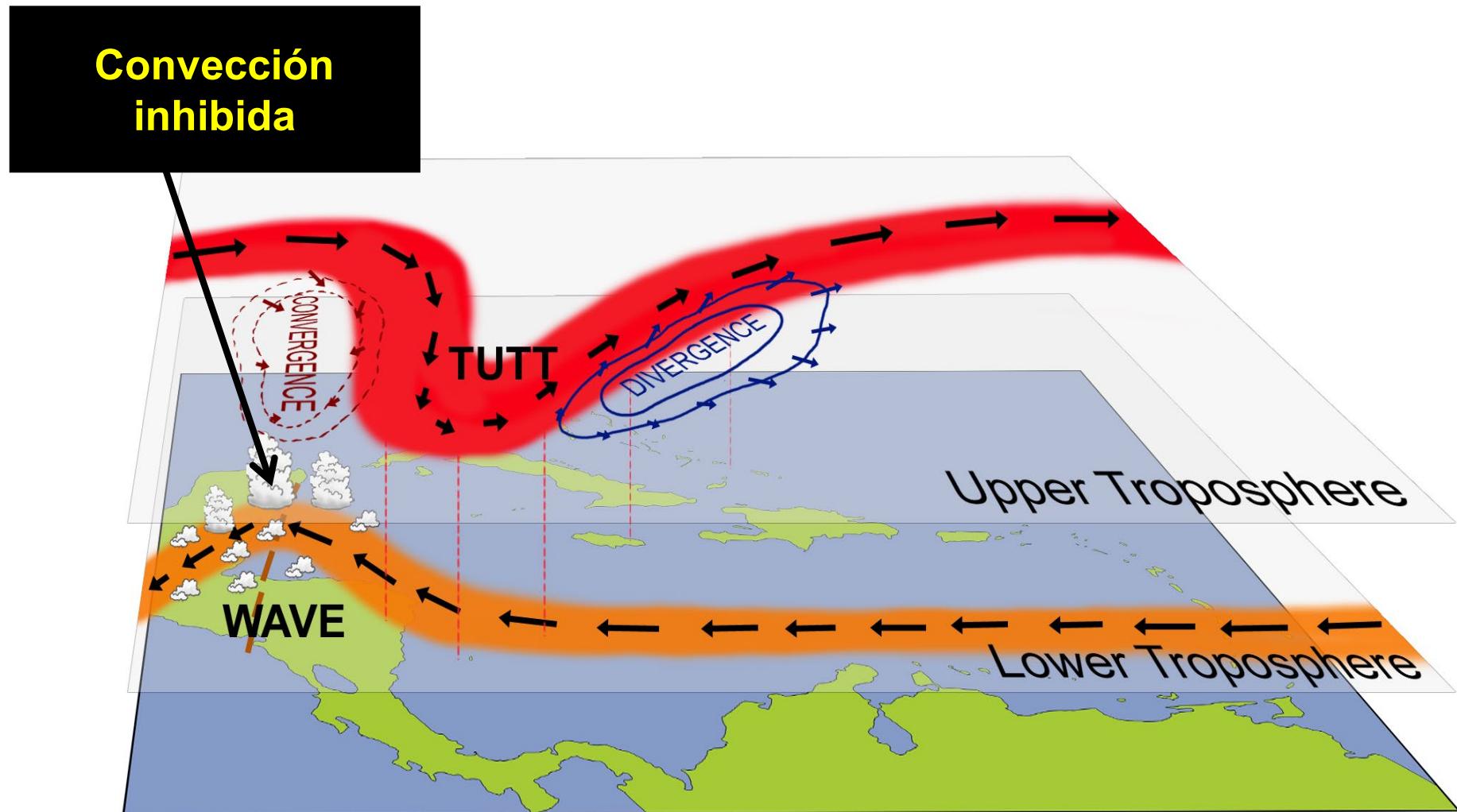
Puede haber interacción positiva así como negativa. Depende de la posición relativa entre los sistemas.

- **Interacción Positiva**: Cuando la región de convección asociada a la onda tropical se pone en fase con el lado divergente de la TUTT.
- **Interacción Negativa**: Cuando la región de convección asociada a la onda tropical se pone en fase con el lado convergente de la TUTT.
  - También cuando la onda tropical entra en región de *cizalla fuerte* en la vertical asociada a la TUTT.

# Interacción Positiva



# Interacción Negativa

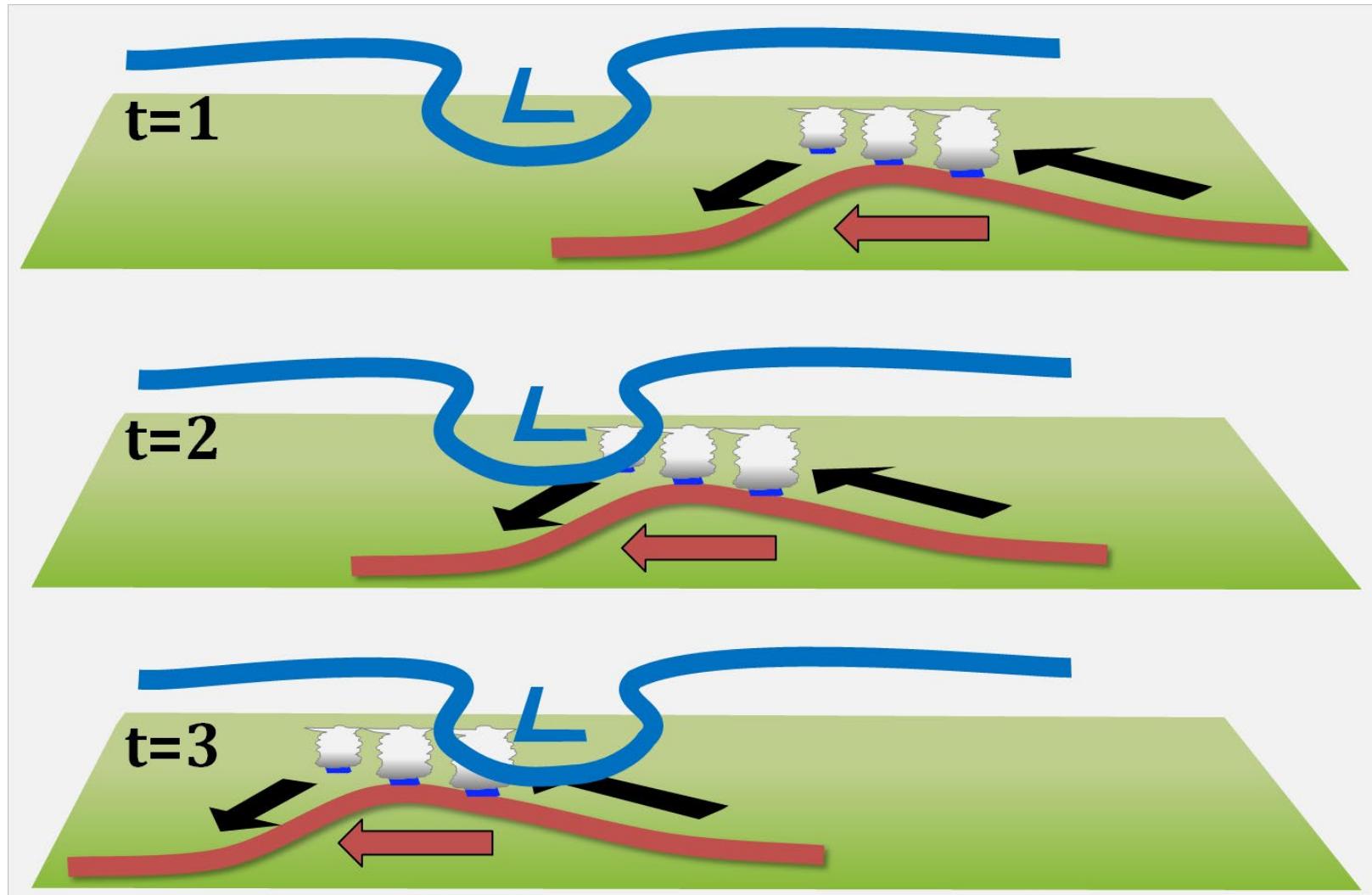


# ¿Cómo diferenciar vaguadas inducidas de ondas tropicales?

¡Analizando el movimiento y origen de los sistemas!

- Si una vaguada invertida en los alisios del este en bajo nivel se está moviendo independientemente de sistemas en altura es una onda Tropical
- Si una vaguada invertida en los alisios de capas bajas se move en conjunto con una TUTT es muy probable que sea una vaguada inducida y no una onda tropical.
  - Pero, si la vaguada en altura se debilita y la vaguada en bajo nivel se desenlaza, puede evolucionar a una onda del este.
- Ocasionalmente una onda tropical puede quedar en fase con una TUTT sobre los 300 hPa y parece ser una onda inducida. Por ello es siempre importante determinar el origen de cada sistema y evaluar la estructura vertical.

# Onda Tropical: Movimiento Independiente de la TUTT

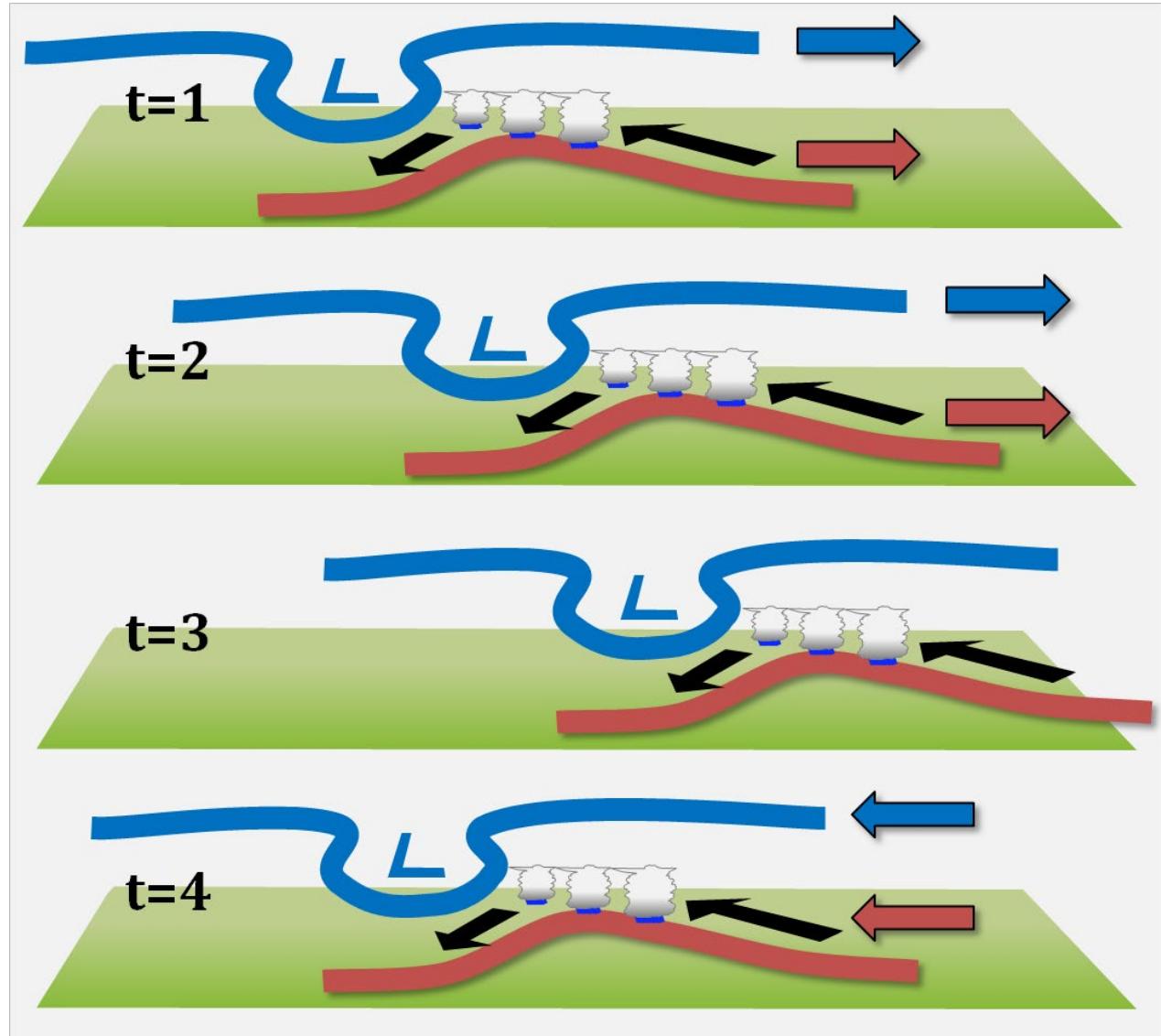


La TUTT esta estacionaria, la onda en los alisios se propaga al oeste.

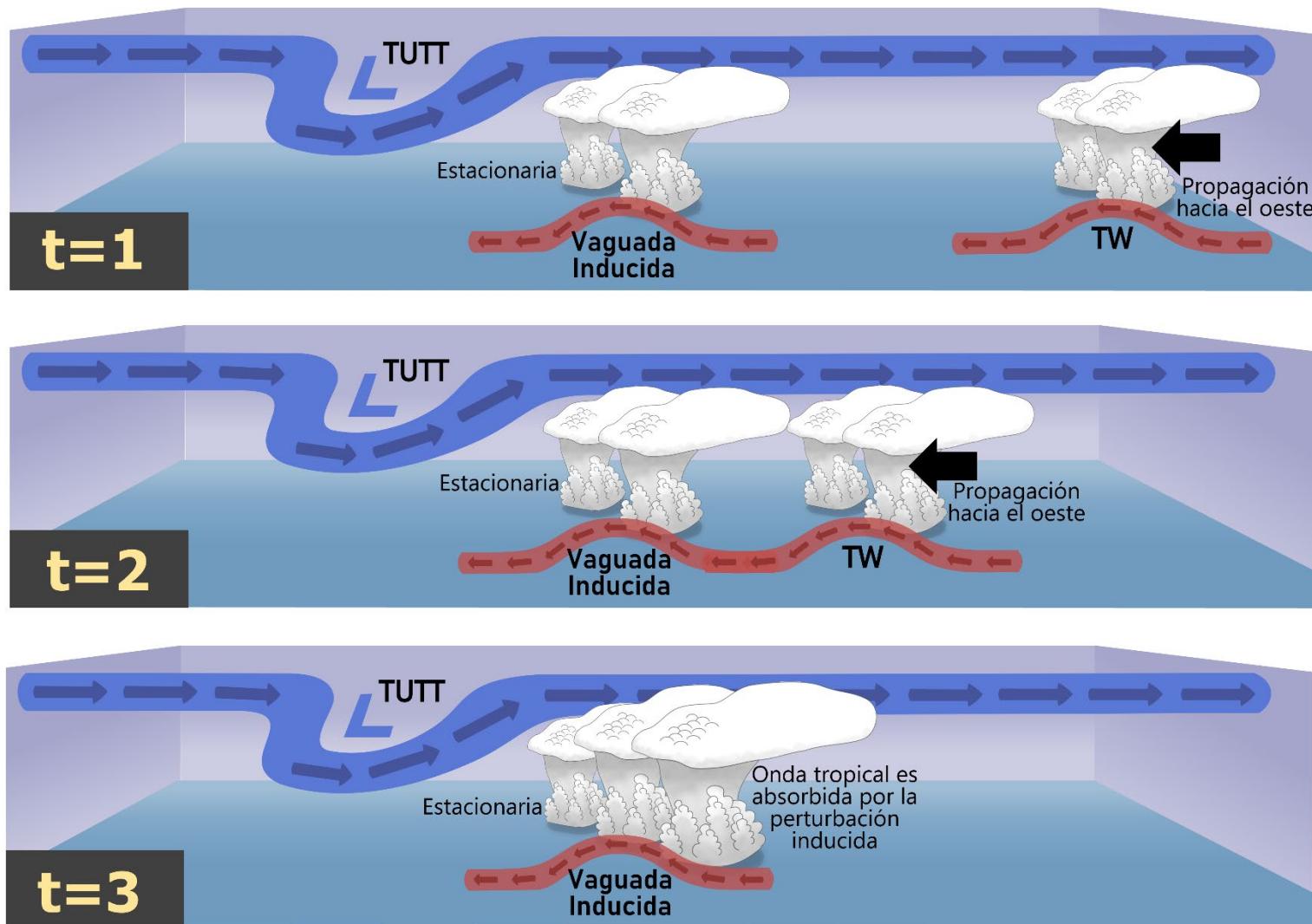
# Vaguada Inducida: Movimiento Dependiente de la TUTT

La TUTT y la vaguada inducida avanzando al Este.

La TUTT y la vaguada inducida retrogradando hacia el Oeste



# TUTT y Vaguada Inducida Estacionarias: Interacción con Onda Tropical



By the WPC International Desks, 2020

La onda tropical se disipa al interactuar con la TUTT inducida

# Encuesta #3

(Seleccione las aplicables>Select all that apply)

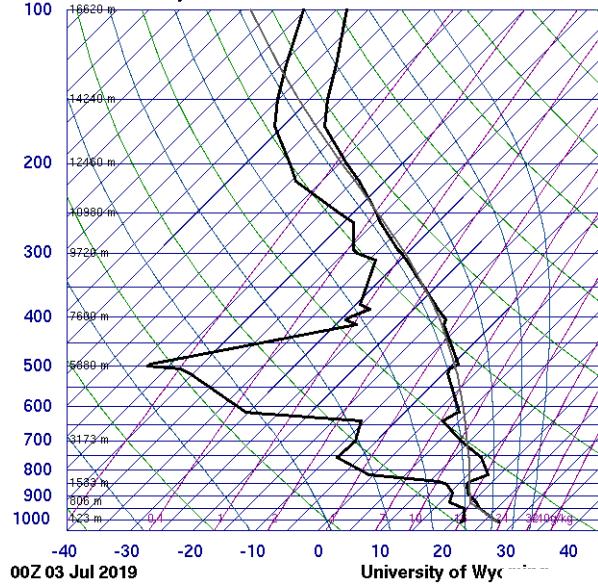
- Una TUTT es una vaguada entre la spf y 200 hPa
- Para una TUTT inducir una onda, tiene que reflejarse en 500 hPa
- El lado divergente de la TUTT es siempre el lado este
- Vaguadas inducidas por la TUTT se confinan a la ITCZ

# Herramientas para Diferenciarlas

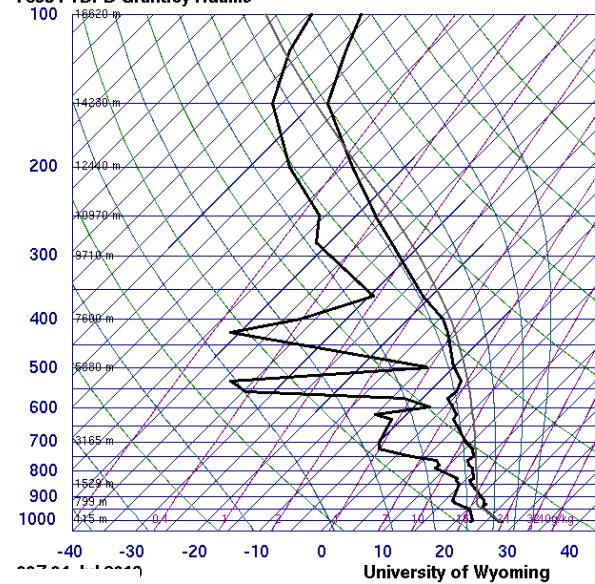
	Onda Inducida	Onda Tropical
Imagen de Vapor de Agua	Mejor herramienta para evaluar si hay/cuan profunda es una vaguada en altura	No ayuda mucho. Suelen mostrar fuentes de ventilación en altura.
Imágenes IR y Visibles	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ayudan a identificar presencia de vaguadas invertidas “V” en el campo de nubes bajas.</li><li>• Difícil ver circulación en altura.</li></ul>	Evidencia presencia de “V” invertida. No es inducida si al mismo tiempo no existe una circulación ciclónica en altura cercana.
Análisis de Flujo	500-200 hPa en altura 850-700 hPa en bajo nivel	850-700 hPa
Movimiento de vaguada en capas bajas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vaguada inducida en capas bajas se mueve <u>en conjunto</u> con el sistema de altura.</li><li>• Estacionarias o entre 05-15 kt.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vaguada invertida en capas bajas se mueve de <u>manera independiente</u> a los sistemas en altura.</li><li>• Se mueven a 10-20 kt</li><li>• Negativa se propagan mas rápida.</li></ul>

# Detección de Ondas Tropicales: Sonda

78954 TBPB Grantley Adams



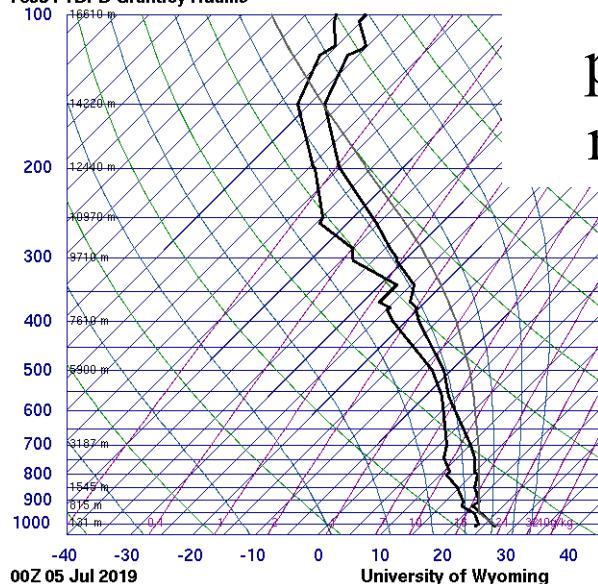
78954 TBPB Grantley Adams



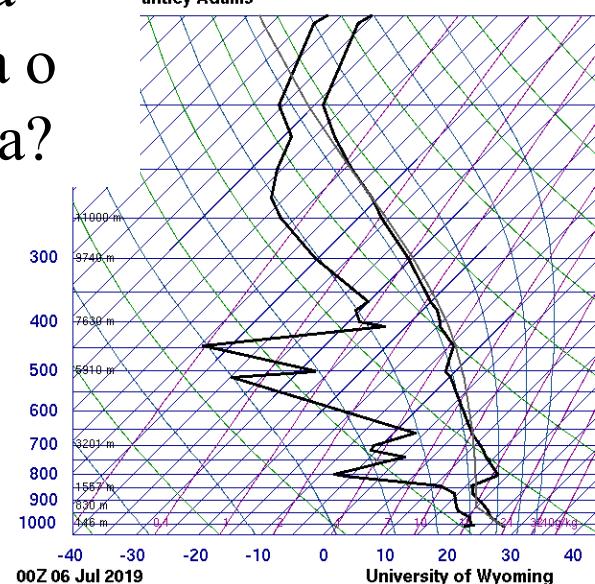
SLAT 13.07  
SLON -59.50  
SELV 57.00  
SHOW 1.61  
LIFT -1.67  
LFTV -2.05  
SWET 245.6  
KINX 22.30  
CTOT 19.50  
VTOT 21.50  
TOTL 41.00  
CAPE 887.4  
CAPV 1107.  
CINS -15.8  
CINV -5.76  
EQLV 184.3  
EQTV 184.1  
LFCT 878.0  
LFCV 898.5  
BRCH 3949  
BRCV 49.28  
LCLT 294.0  
LCLP 932.3  
LCLE 350.0  
MLTH 300.0  
MLMR 17.04  
THCK 5765.  
PWAT 44.46

ESE  
ENE

78954 TBPB Grantley Adams



78954 TBPB Grantley Adams



SLAT 13.07  
SLON -59.50  
SELV 57.00  
SHOW 2.75  
LIFT -2.59  
LFTV -3.40  
SWET 203.7  
KINX 17.80  
CTOT 18.40  
VTOT 22.90  
TOTL 41.30  
CAPE 332.9  
CAPV 507.0  
CINS -18.4  
CINV -7.66  
EQLV 220.3  
EQTV 216.3  
LFCT 888.4  
BRCH 779.9  
BRCV 1187.  
LCLT 293.2  
LCLP 925.3  
LCLE 347.6  
MLTH 299.8  
MLMR 16.30  
THCK 5764.  
PWAT 36.32

¿Onda  
positiva o  
negativa?

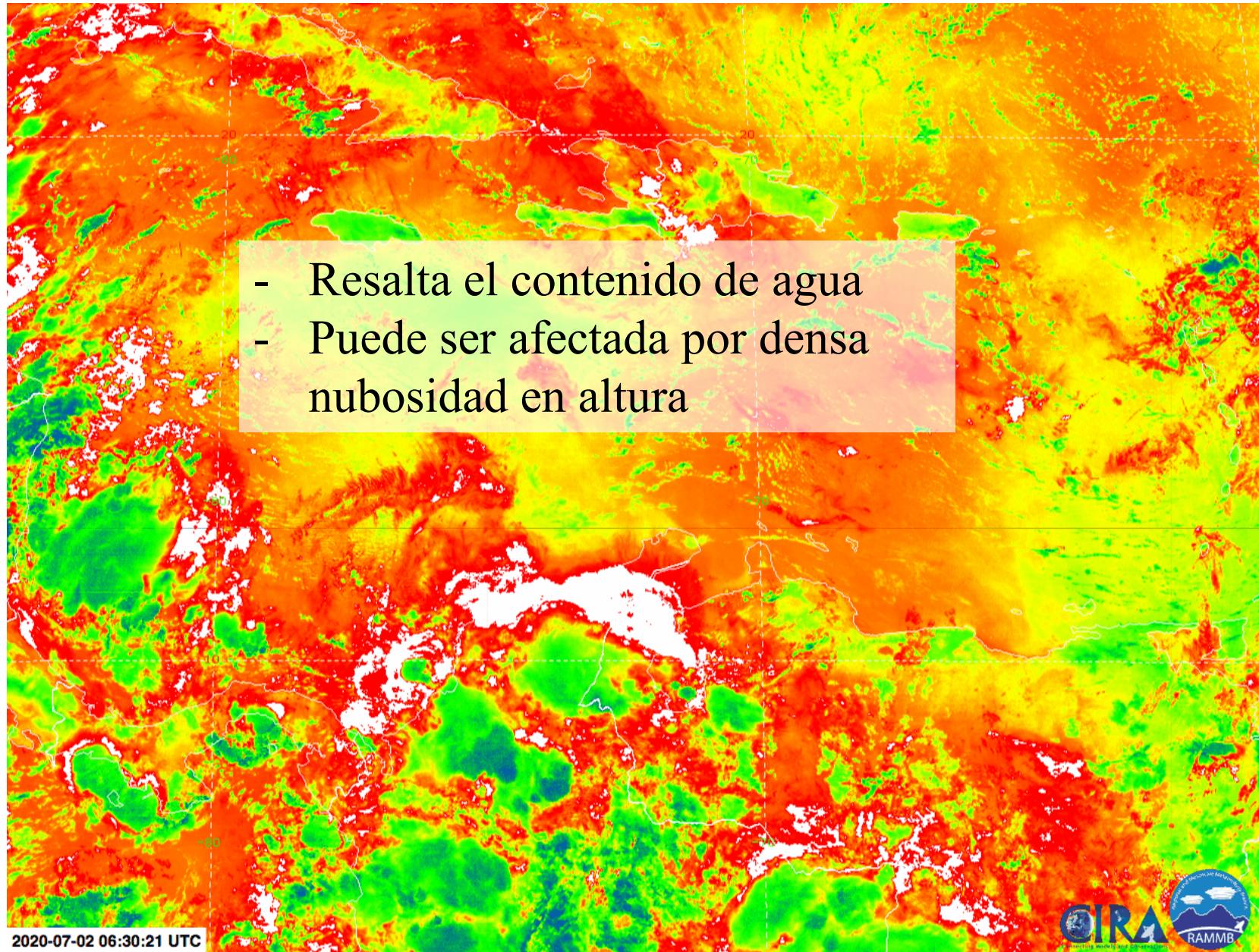
# Detección de Ondas Tropicales: Geo Color y Vis.



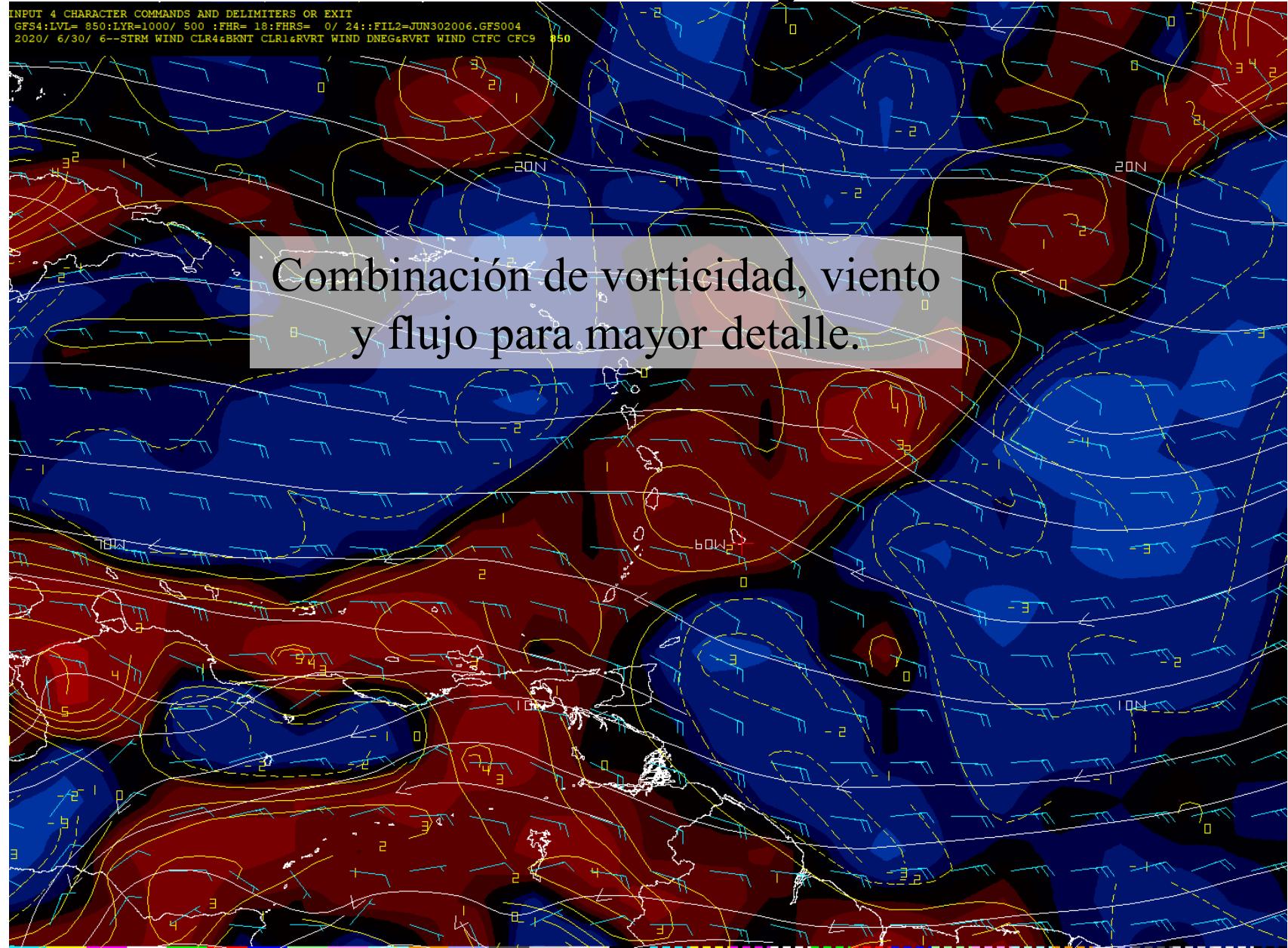
# Detección de Ondas Tropicales: Proxy Vis – Diurno/Nocturno



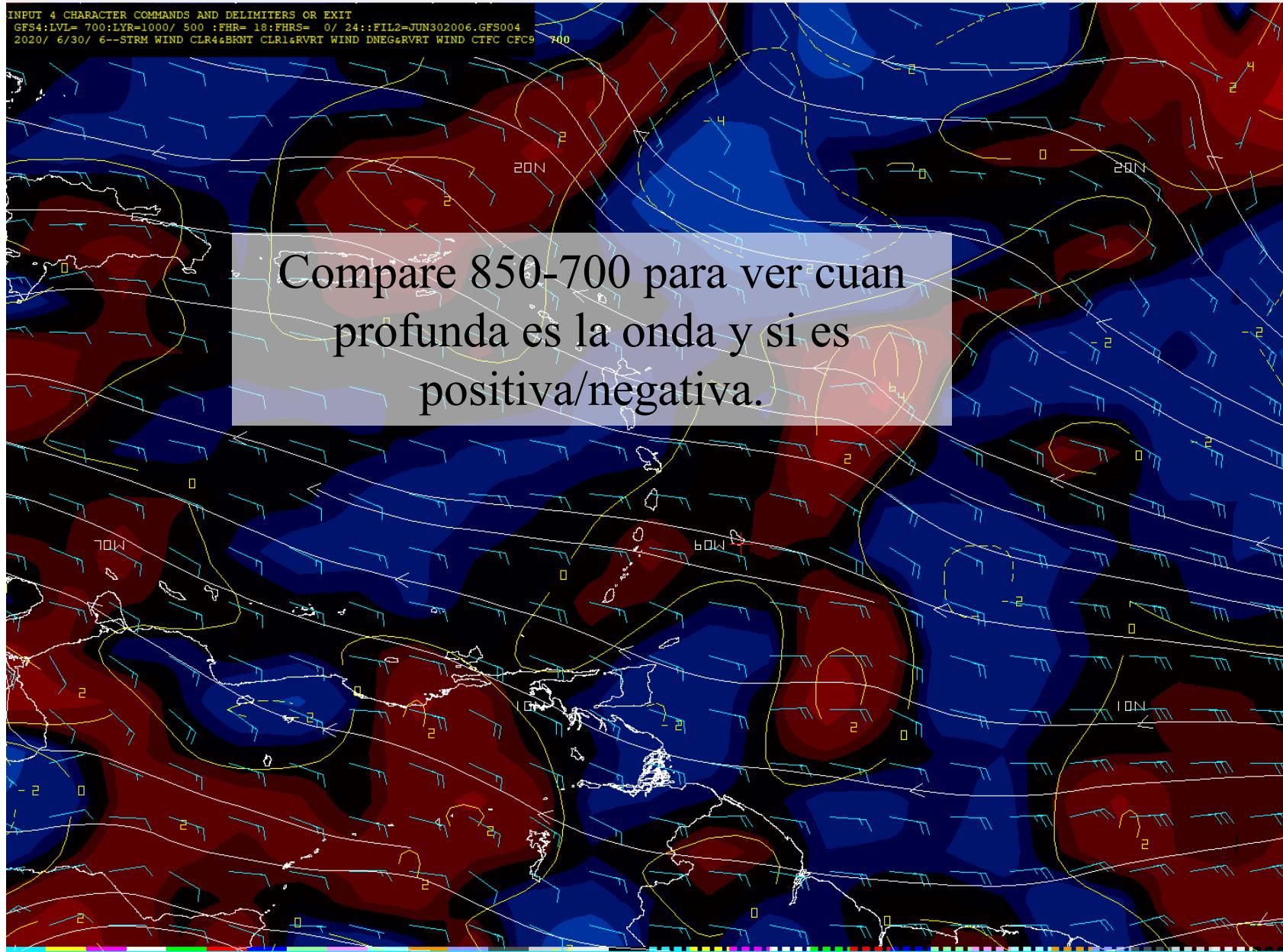
# Detección de Ondas Tropicales: Split Window 10-3 – 12.3um



# TW: GFS Vorticidad y Viento - 850

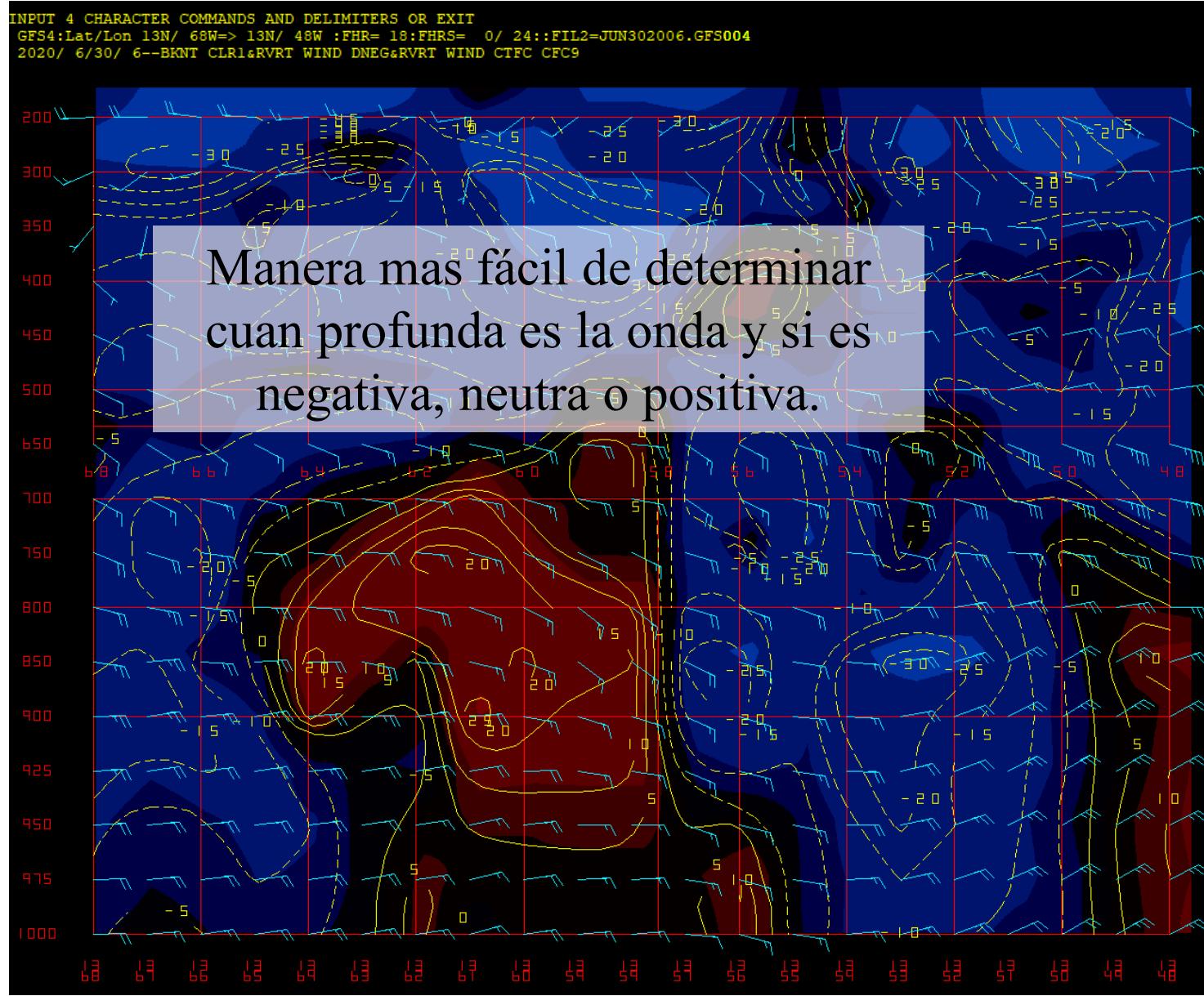


# TW: GFS Vorticidad y Viento - 700



# Corte Transversal: Onda Tropical

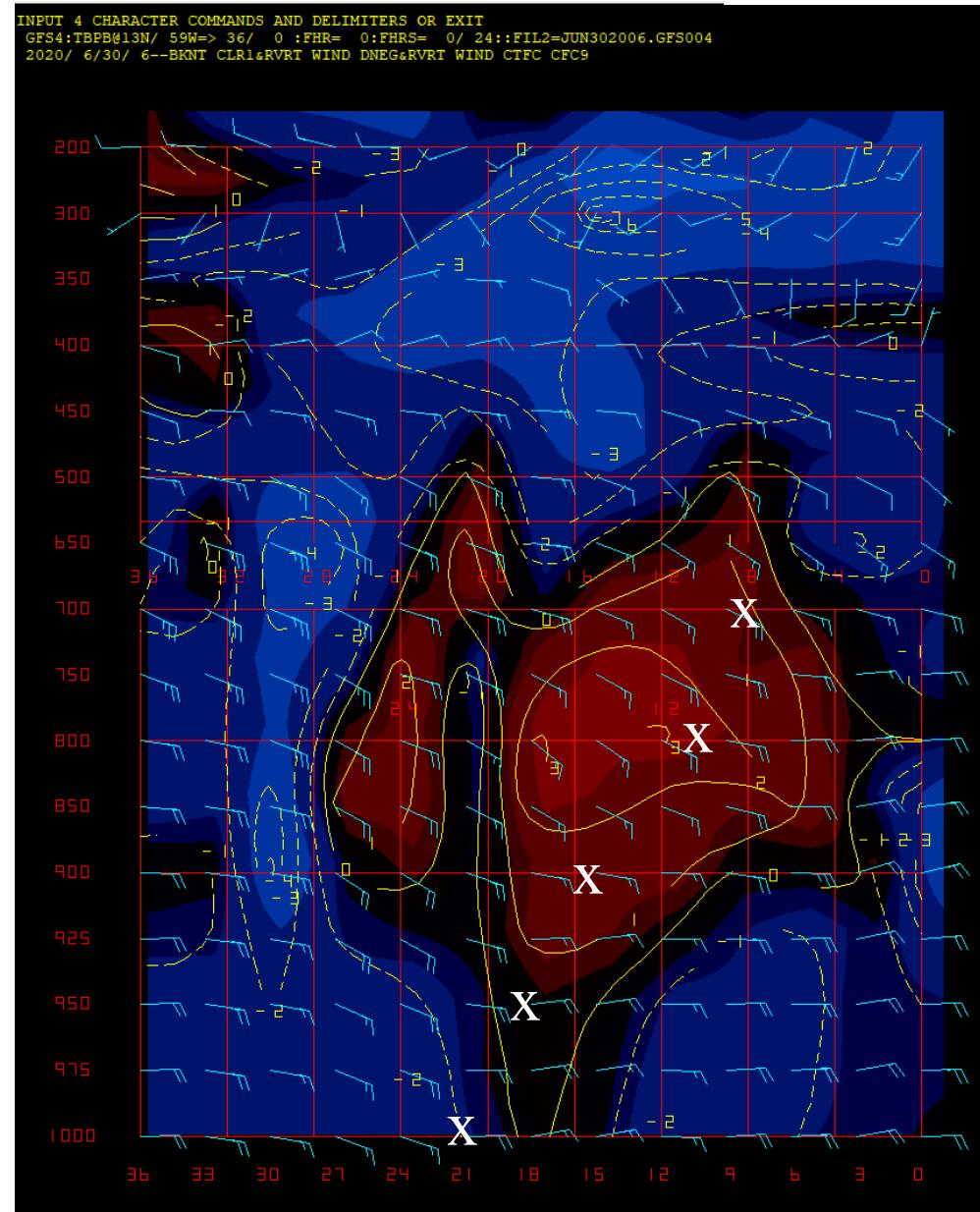
## Vorticidad y Viento



# Corte Temporal: Vorticidad y Vientos

¿Durante que hora del pronostico se da el paso de la onda en superficie?

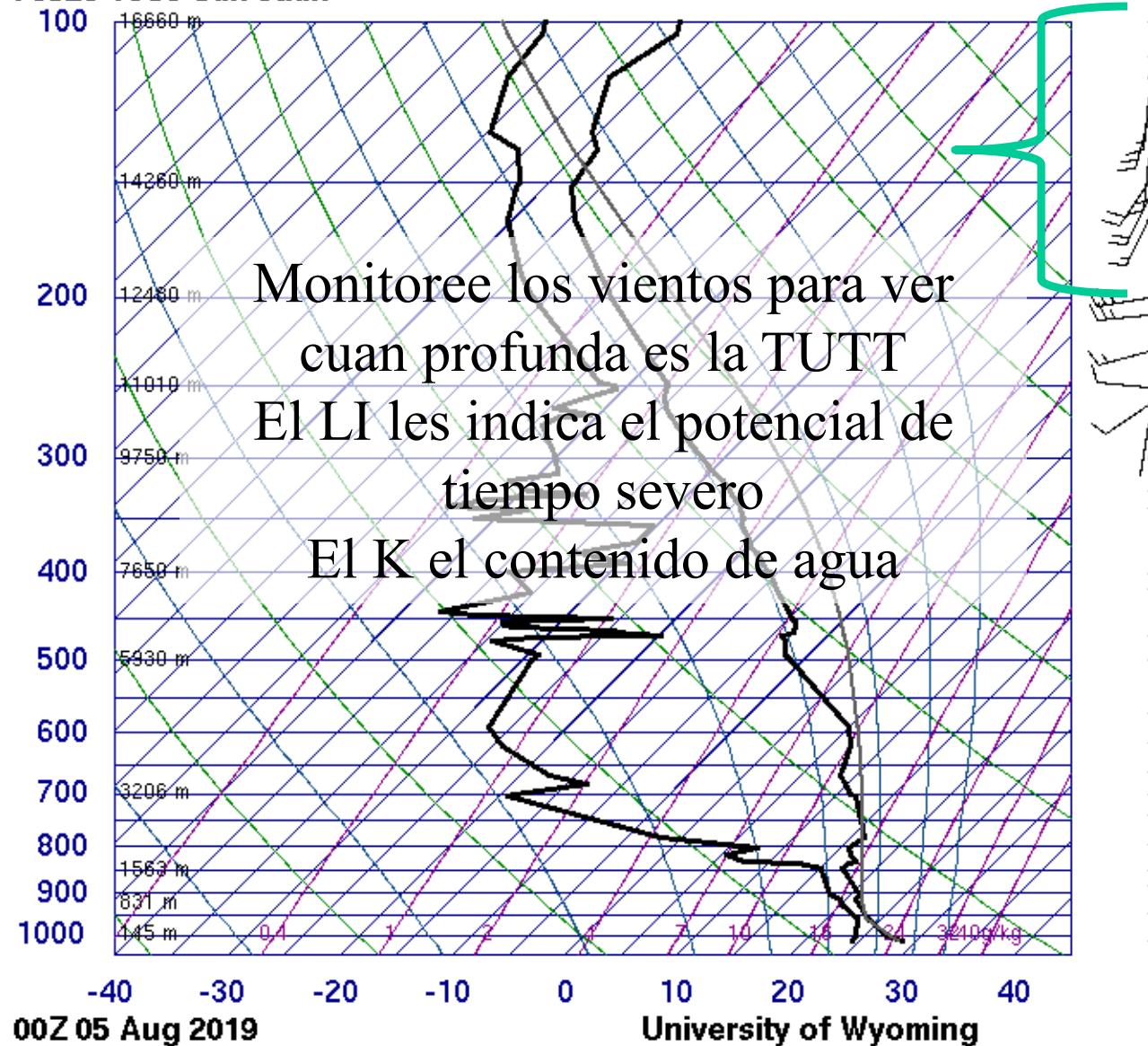
- 27-33 hrs
- 18-21 hrs
- 09-15 hrs



# Detección de TUTT: Sonda

## TUTT sobre los 300 hPa

78526 TJSJ San Juan

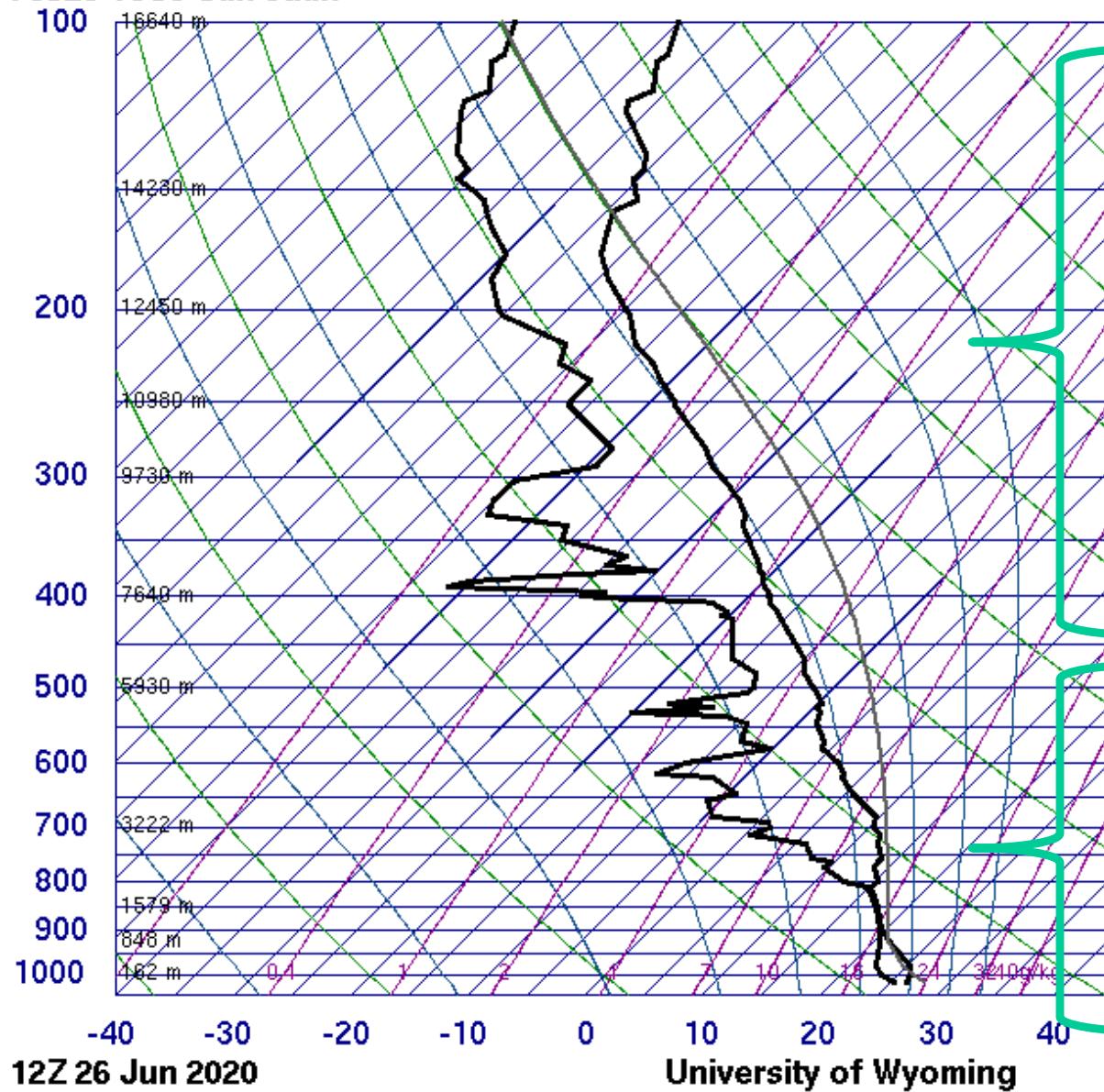


SLAT	18.43
SLON	-65.99
SELV	3.00
SHOW	-0.68
LIFT	-5.26
LFTV	-6.34
SWET	262.8
KINX	8.90
CTOT	21.50
VTOT	23.50
TOTL	45.00
CAPE	2200.
CAPV	2551.
CINS	-1.30
CINV	-0.40
EQLV	144.3
EQTV	144.2
LFCT	936.7
LFCV	946.0
BRCH	389.4
BRCV	451.5
LCLT	296.2
LCLP	953.2
LCLE	356.5
MLTH	300.3
MLMR	19.09
THCK	5785.
PWAT	39.35

# Detección de TUTT: Sonda

## TUTT con Vaguada Inducida

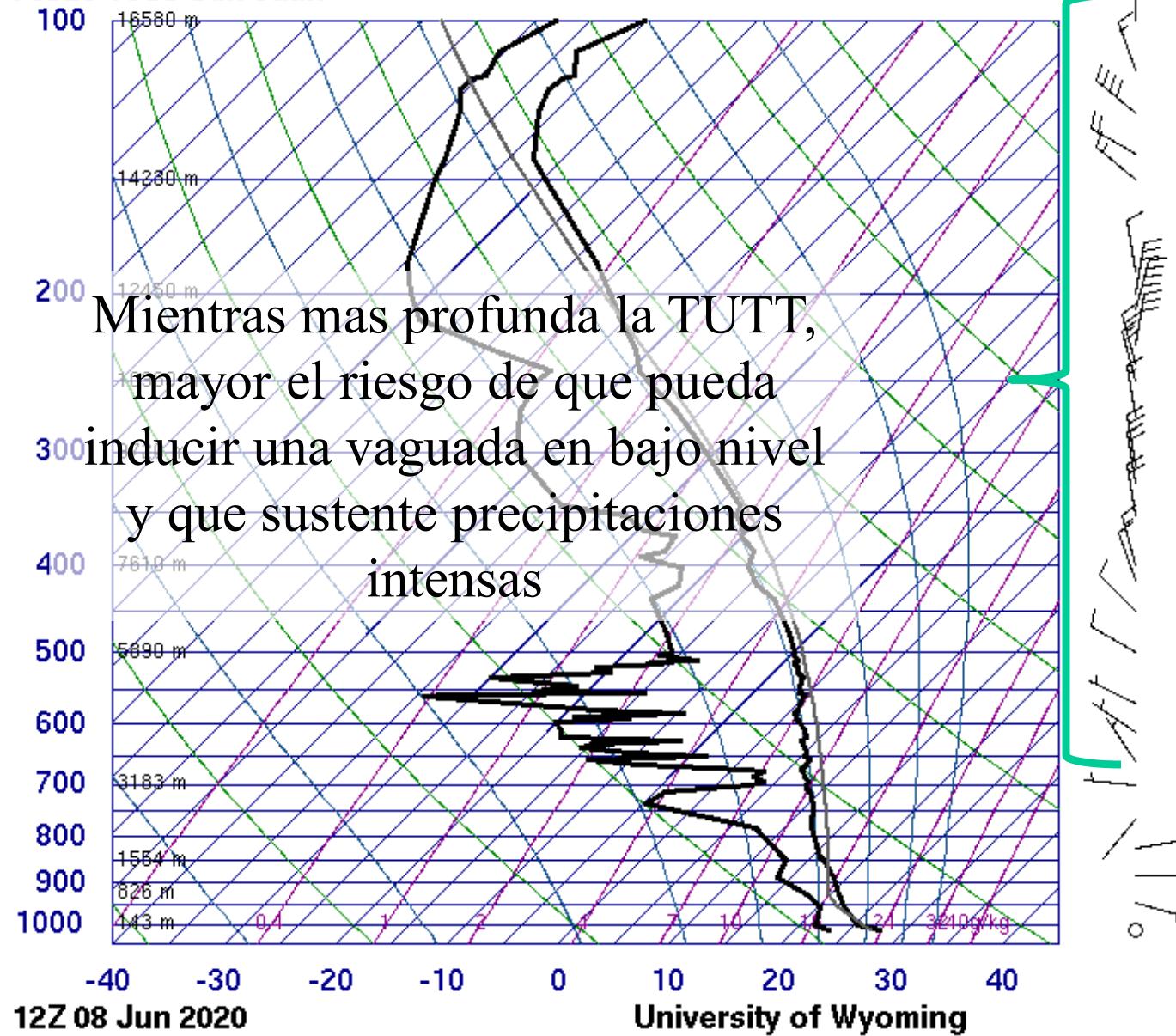
78526 TJSJ San Juan<sup>1</sup>



SLAT	18.43
SLON	-65.99
SELV	3.00
SHOW	-3.39
LIFT	-4.90
LFTV	-5.50
SWET	273.8
KINX	32.70
CTOT	24.10
VTOT	24.30
TOTL	48.40
CAPE	2190.
CAPV	2396.
CINS	-7.97
CINV	-6.02
EQLV	158.9
EQTV	158.9
LFCT	918.8
LFCV	924.7
BRCH	269.9
BRCV	295.4
LCLT	295.7
LCLP	956.6
LCLE	353.6
MLTH	299.5
MLMR	18.47
THCK	5768.
PWAT	55.15

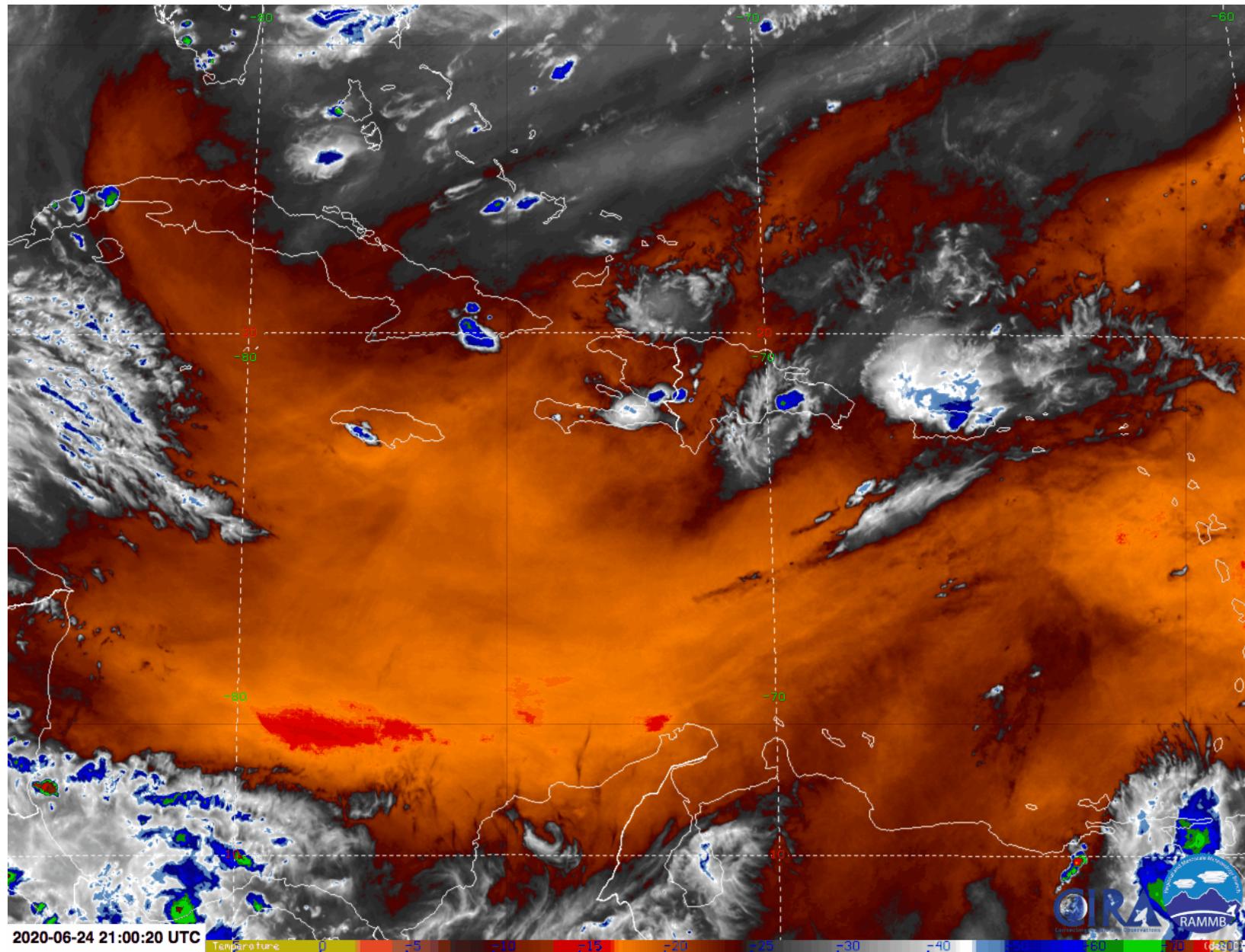
# Detección de TUTT: Sonda

78526 TJSJ San Juan

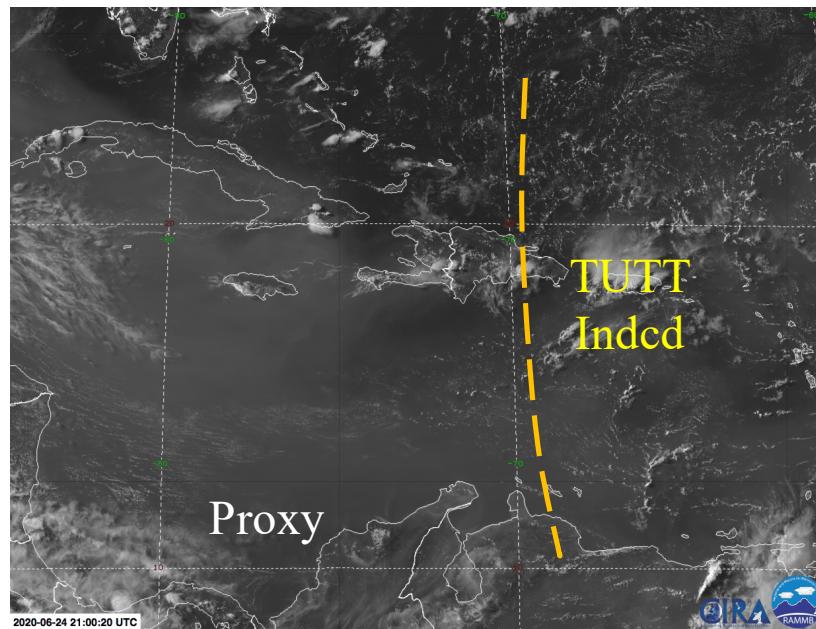
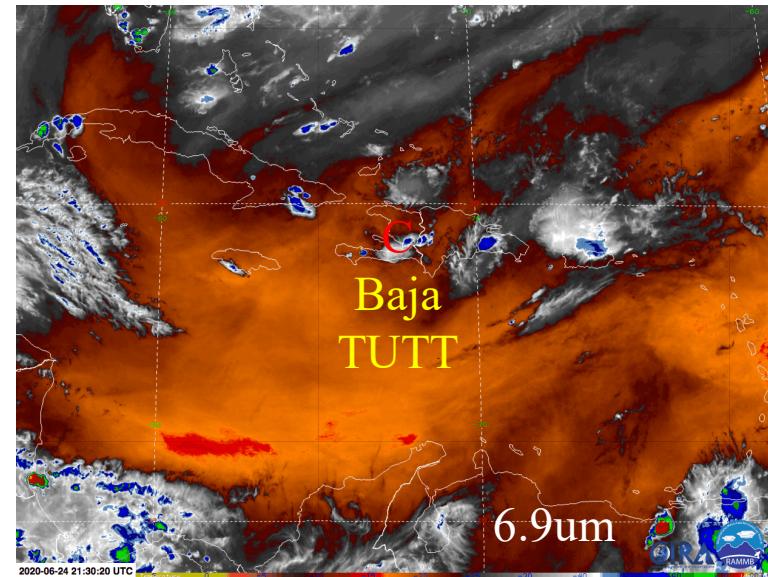
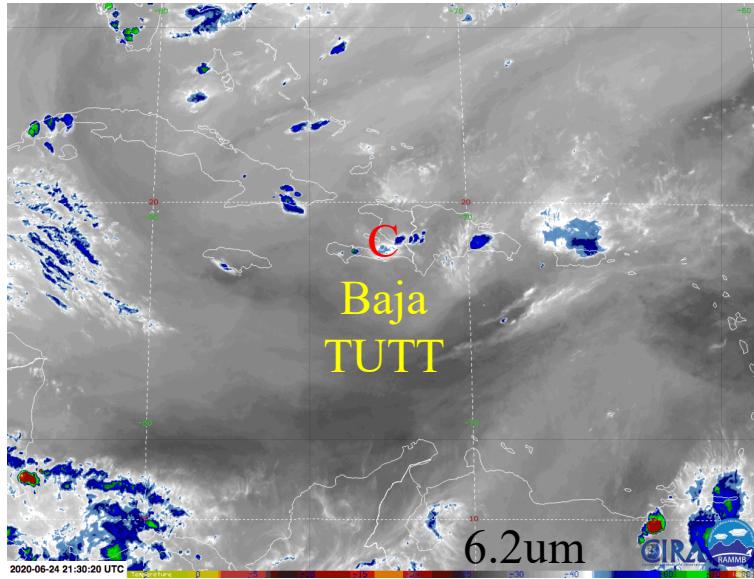


SLAT	18.43
SLON	-65.99
SELV	3.00
SHOW	3.24
LIFT	-0.76
LFTV	-1.32
SWET	180.1
KINX	29.50
CTOT	18.00
VTOT	21.30
TOTL	39.30
CAPE	462.4
CAPV	662.3
CINS	-18.8
CINV	-9.21
EQLV	210.5
EQTV	210.2
LFCT	868.1
LFCV	897.7
BRCH	62.57
BRCV	89.62
LCLT	293.6
LCLP	940.7
LCLE	347.0
MLTH	298.8
MLMR	16.48
THCK	5747
PWAT	43.12

# Detección de TUTT: 6.9um



# Detección de TUTT y Vaguada Inducida



# Detección de TUTT: GFS 250hPa

Por lo general, los modelos tienden a hacer buen trabajo con el pronóstico de bajas en altura



# Resumen de las Características

Vaguada Inducida	Ondas Tropical
<ul style="list-style-type: none"><li>• Núcleo Frío domina.<ul style="list-style-type: none"><li>– No puede evolucionar a un ciclón cálido (tropical) inmediatamente.</li><li>– Podría formar un ciclón subtropical (hibrido)</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Combinación de sistema de núcleo frío/cálido.<ul style="list-style-type: none"><li>– Puede evolucionar a un ciclón cálido (es la semilla).</li></ul></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Movimiento</u>: Controlado por flujo en altura.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Movimiento</u>: Controlado por flujo en atmósfera baja.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Origen</u>: Inducida por una TUTT generalmente al noroeste.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Origen</u>: Inestabilidad a lo largo del Africa's Easterly Jet, liberación de calor latente, vaguada monzónica y SCM.</li></ul>

¿Preguntas?

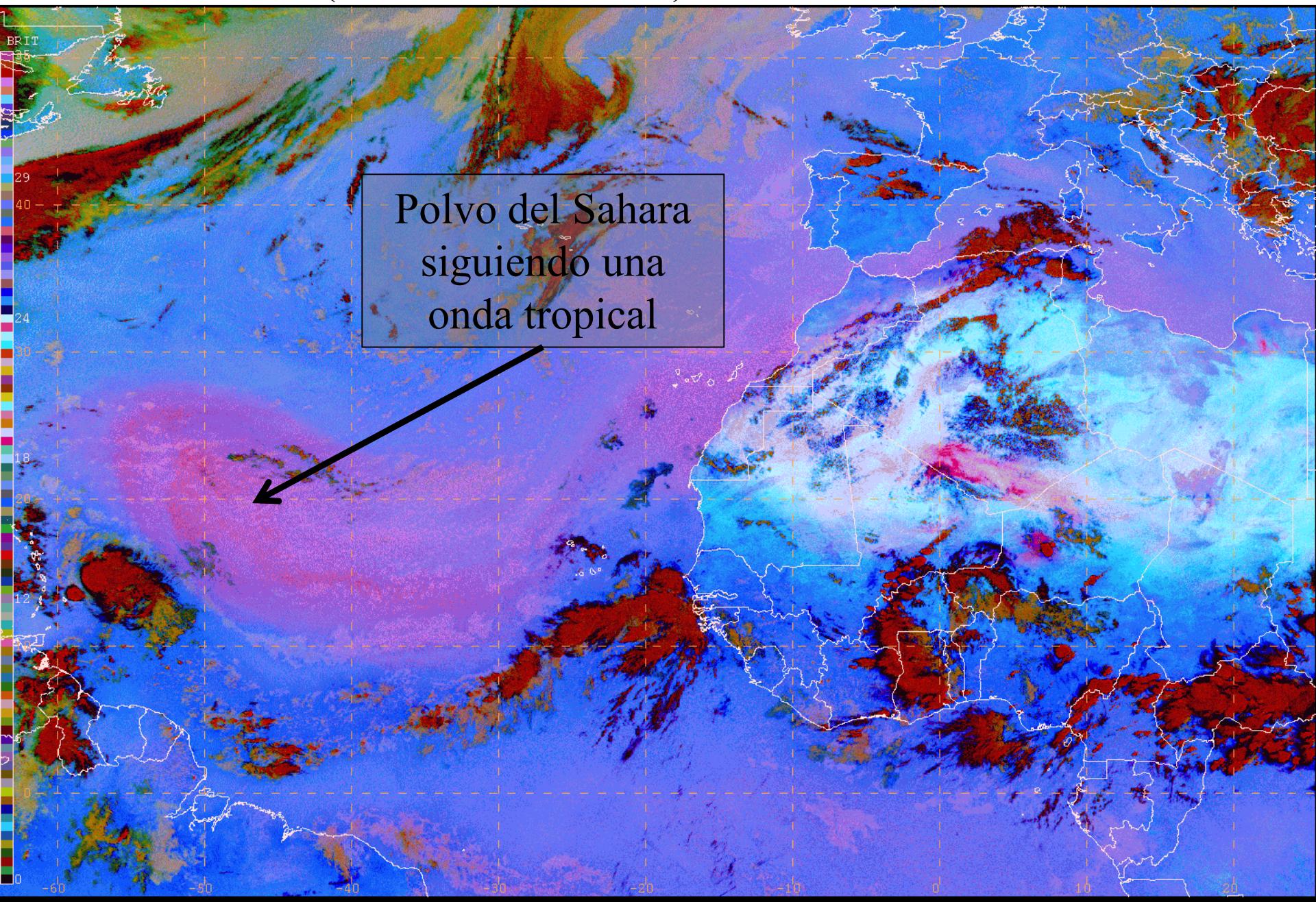
# Saharan Air Layer (SAL) Polvo del Sahara y Surgencia de los Alisios

*Otras Perturbaciones en los Alisios  
del Este*

# Polvo del Sahara

- Surgencias de viento sobre África suelen inducir el levantamiento de polvo y arena que quedan suspendidos
  - Saharan Air Layer (SAL)
- En una **capa llana y estable**, el polvo se propaga por toda la cuenca
  - Según el gradiente se afloja y los vientos se debilitan, el polvo se sienta

# Polvo del Sahara (MSG Dust Product)



# Polvo del Sahara (GOES-16, Imagen en Color)



# Polvo del Sahara (GOES-16, Imagen en Color)

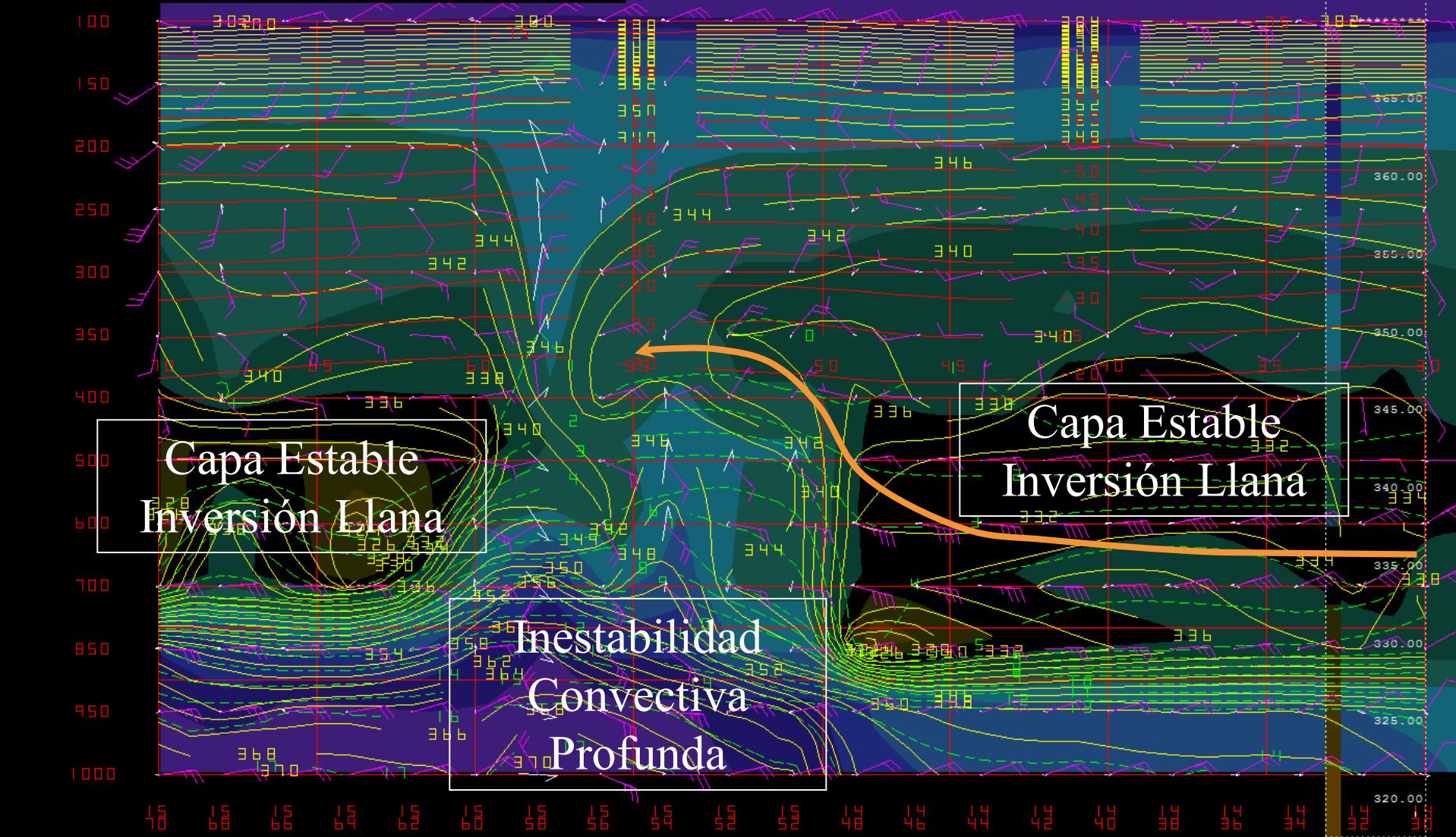


# Perfil Vertical

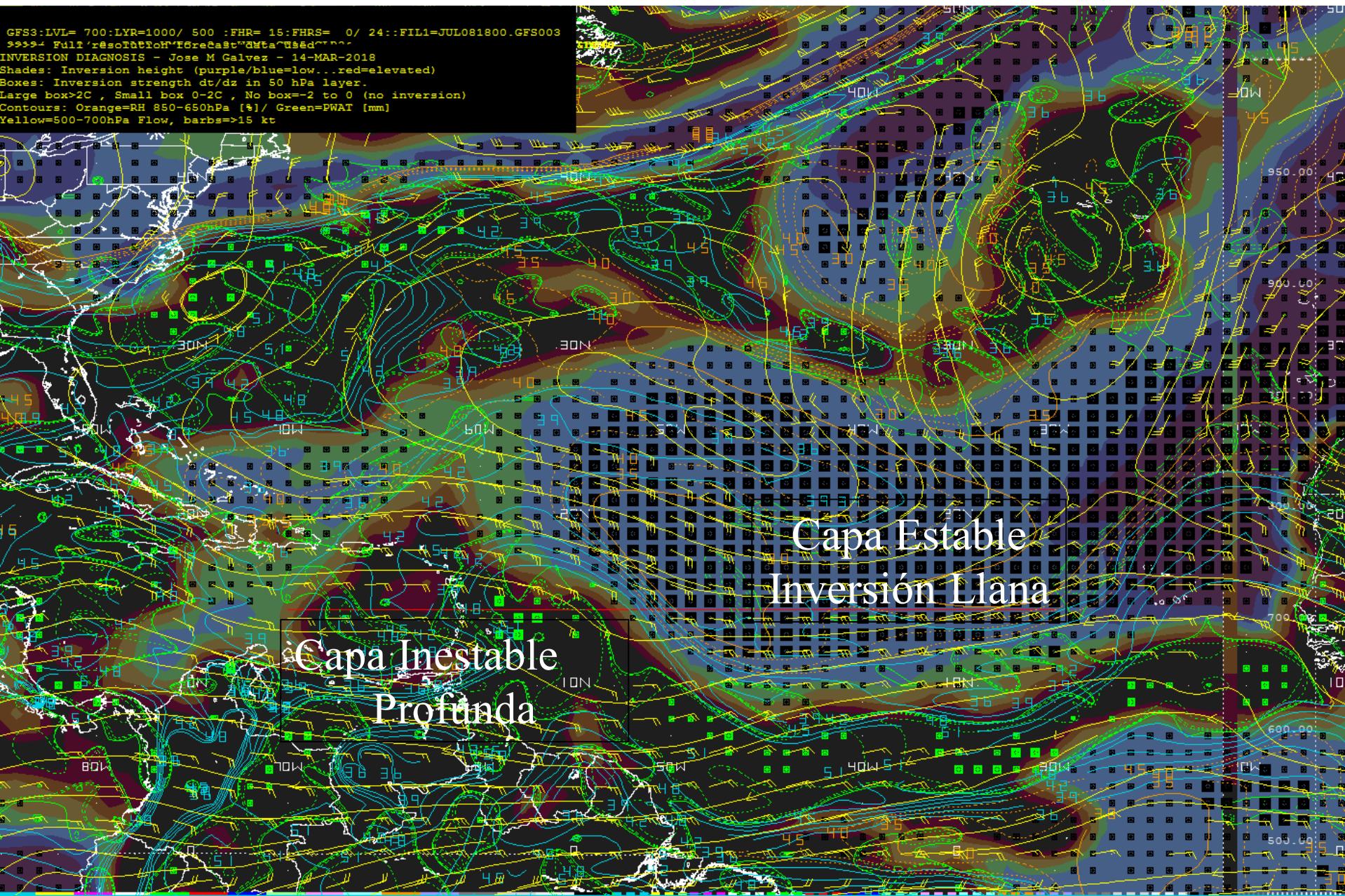
## Temperatura Equivalente Potencial

GFS3:Lat/Lon 15N/ 70W=> 14N/ 30W :FHR= 15:FHRS= 0/ 24::FIL1=JUL081800.GFS003  
2018/ 7/ 8/ 0--BKNT CLR34

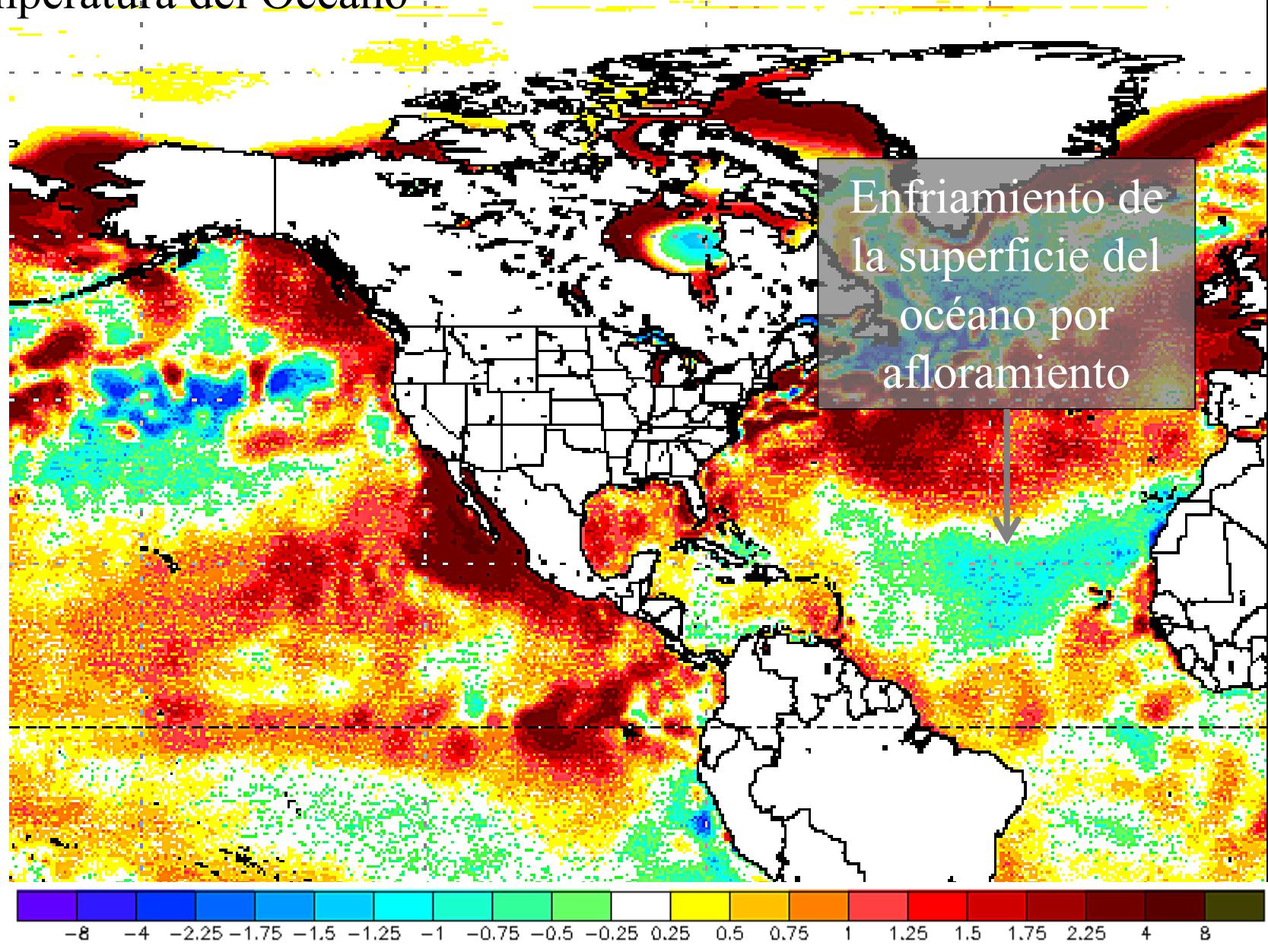
CB DIAGNOSTIC MACRO, LIFT TO -20 C  
TEMP<-20 (RED), EPT (YELLOW), MIX RATIO (GREEN), AGEOP CIRC (CYAN)



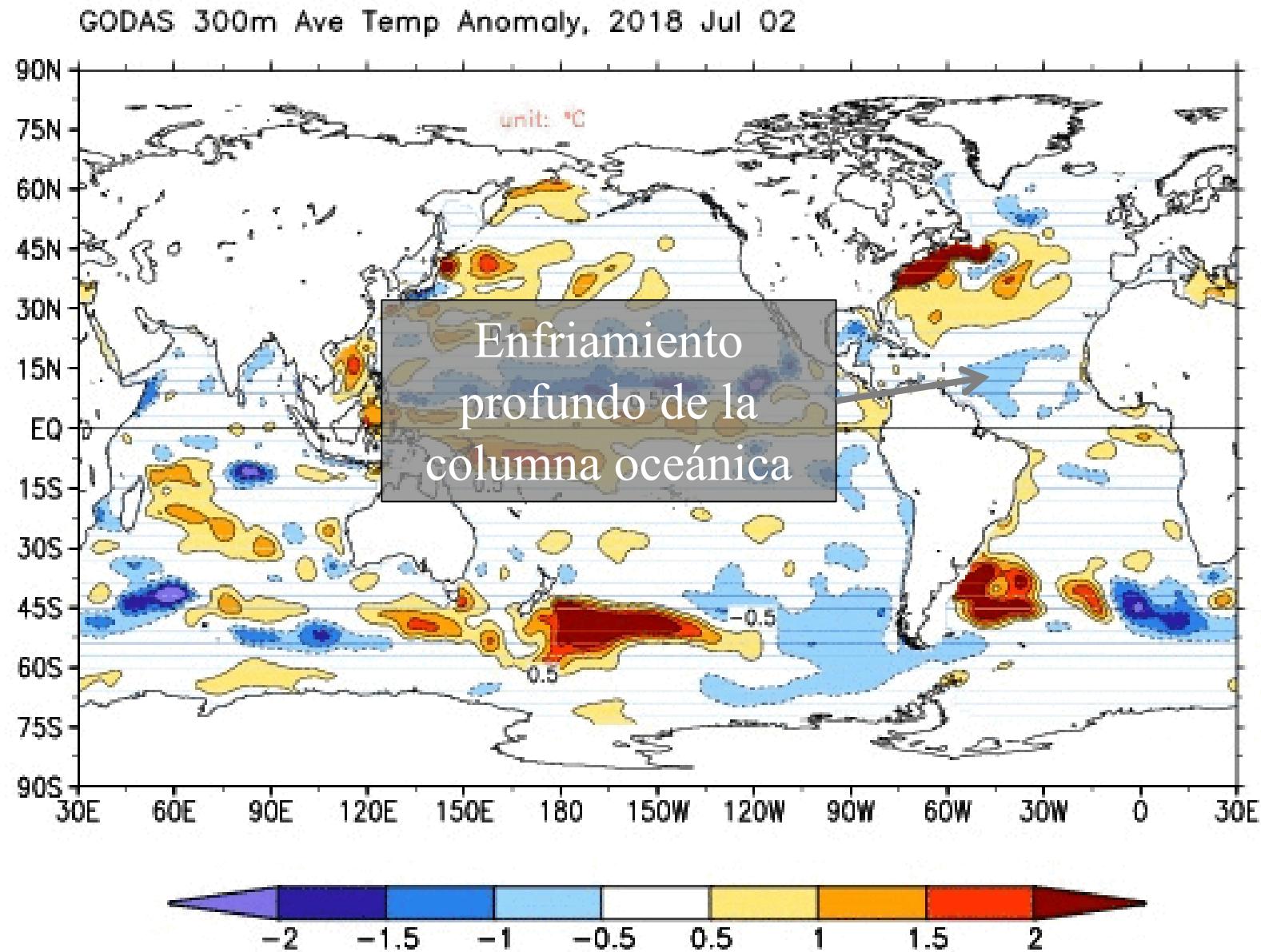
# Inversión en los Alisios (TWIN.)



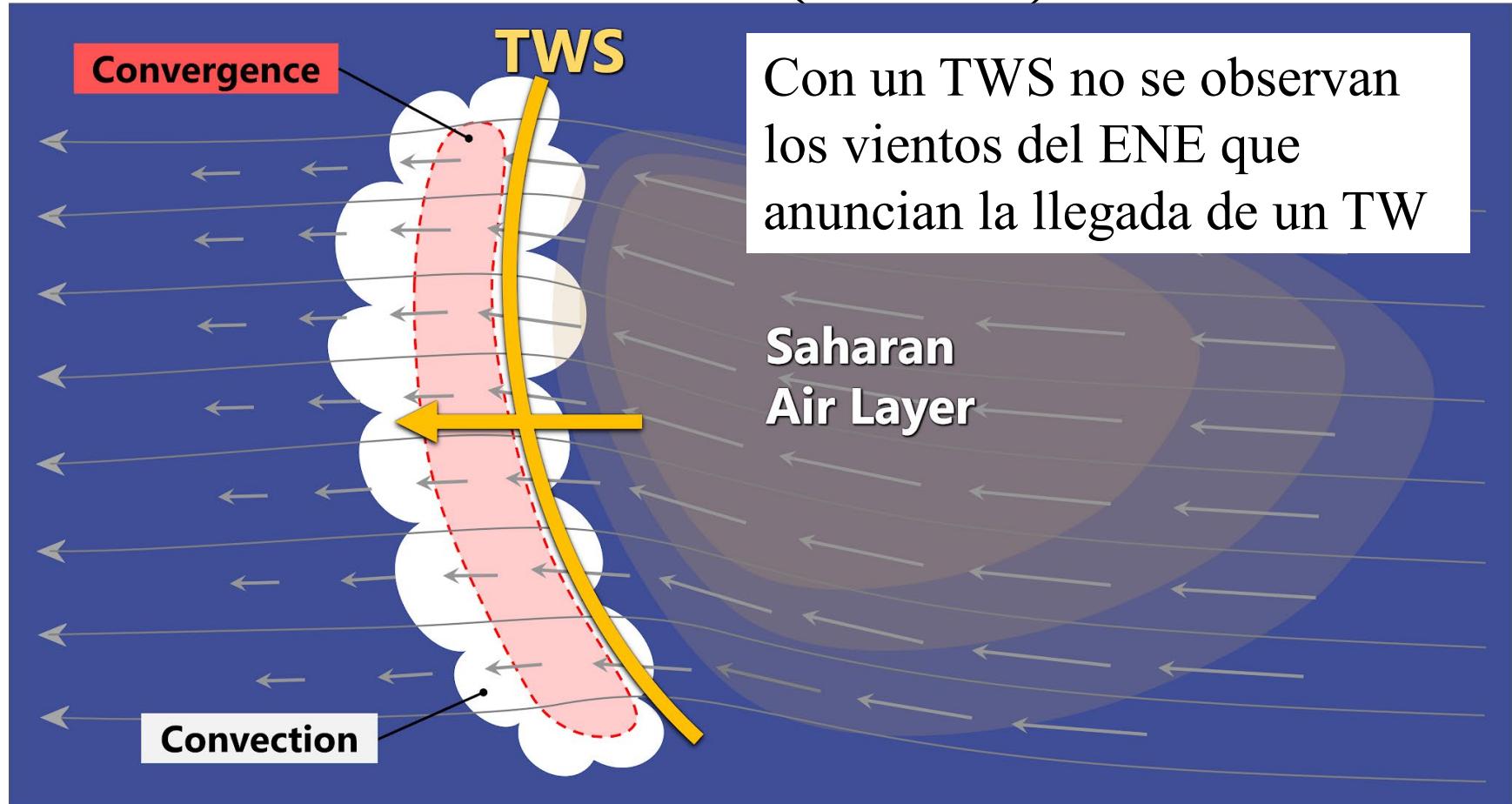
# Impacto de la Surgencia de los Alisios en la Temperatura del Océano



# Anomalías de Temperatura hasta los 300m



# SAL Asociado a Surgencia en los Alisios (TWS)



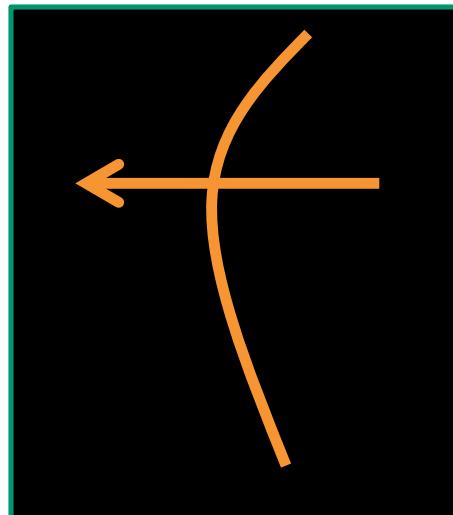
Con un TWS no se observan los vientos del ENE que anuncian la llegada de un TW

Vientos del “Este” y convección típicamente preceden un TWS, con los vientos rotando al “ESE” subsiguiente a su paso.

# Polvo del Sahara

## Surgencias en los Alisios (TWS)

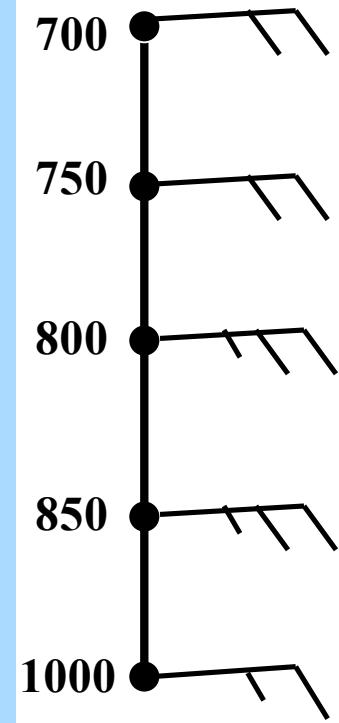
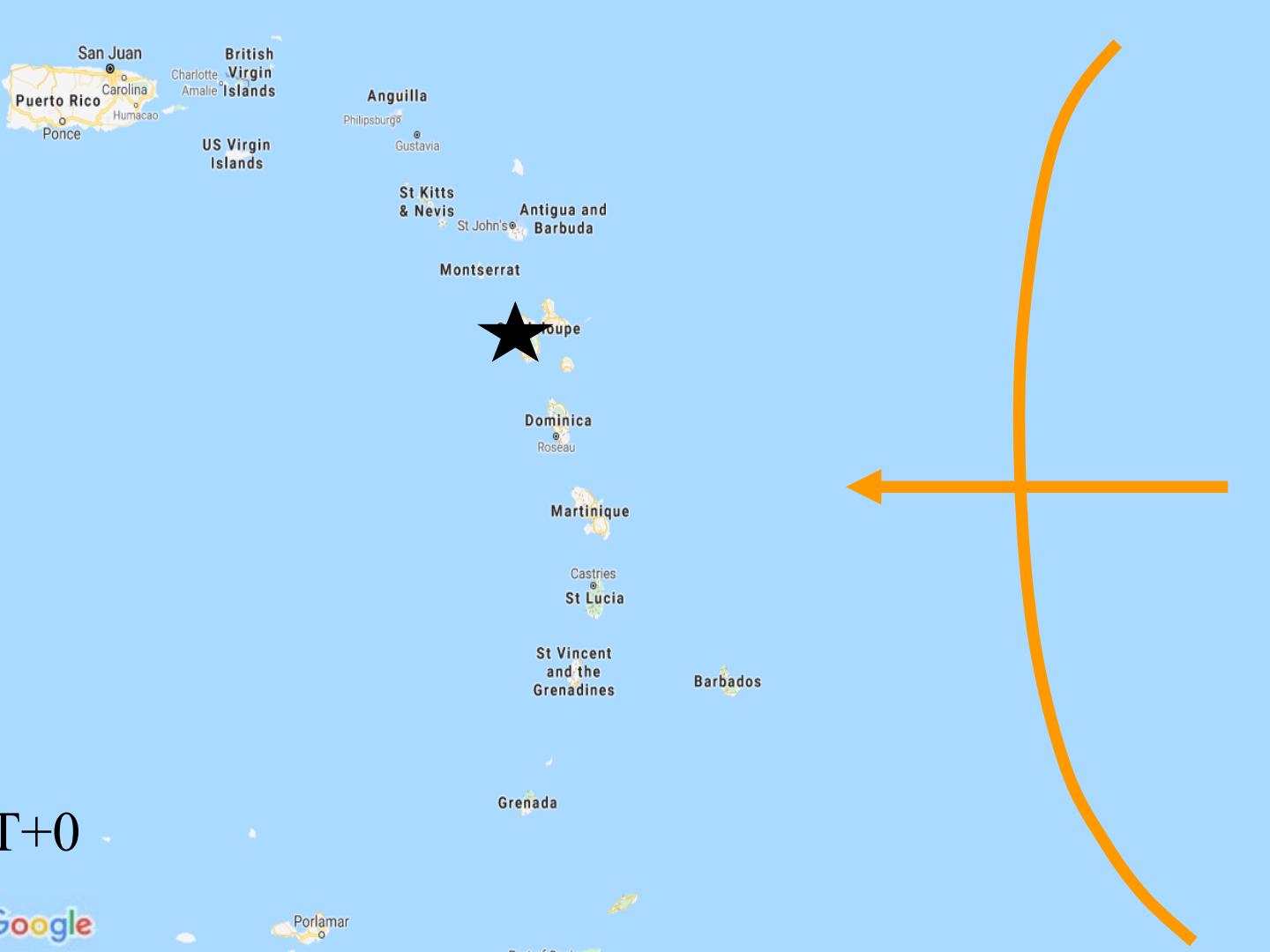
- Tiempo tormentoso precede la surgencia
- Buen tiempo, ventoso y visibilidad reducida subsiguentemente.



- El símbolo de “*arco y flecha*” fue propuesto para representar las surgencias.

# Perfil de Vientos – TWS

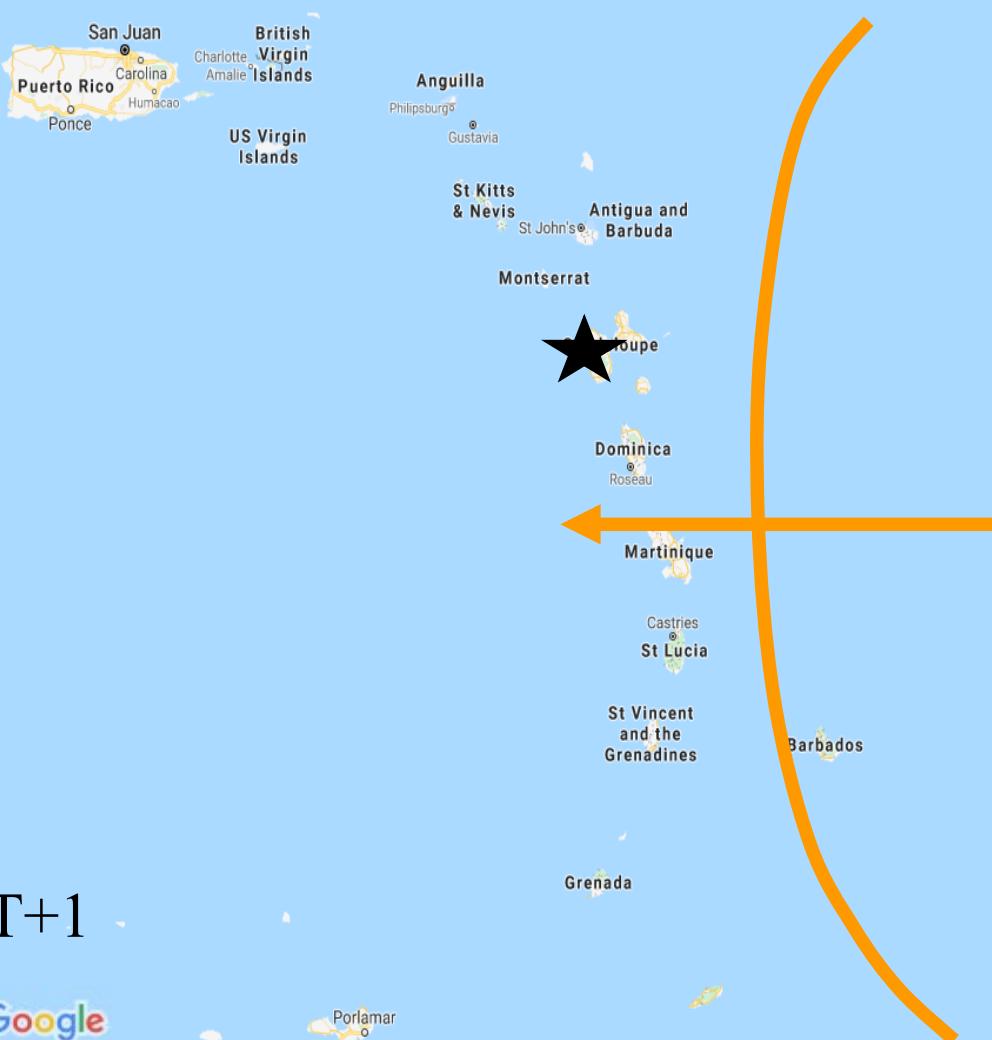
## Vientos precediendo la llegada del TWS



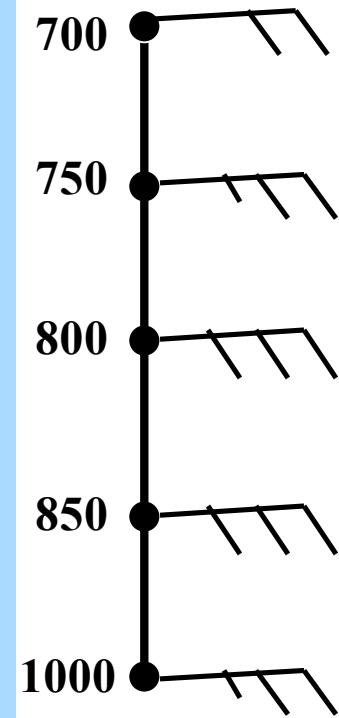
T+0

# Perfil de Vientos – TWS

## Vientos con la llegada del TWS

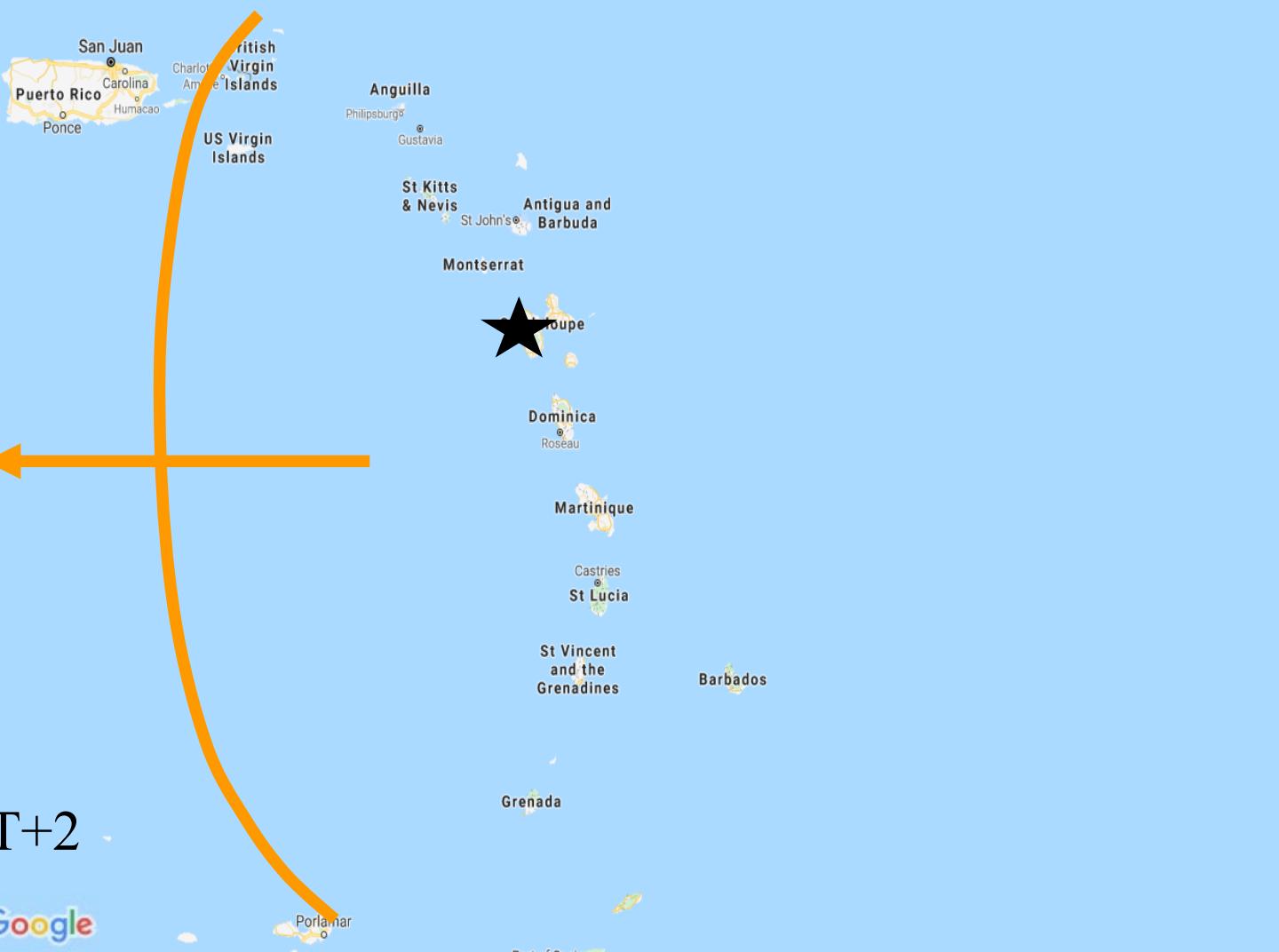


T+1

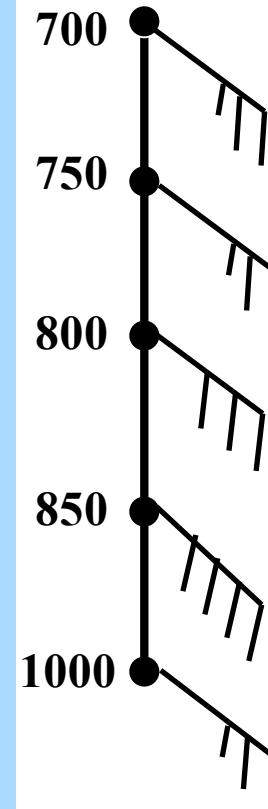


# Perfil de Vientos – TWS

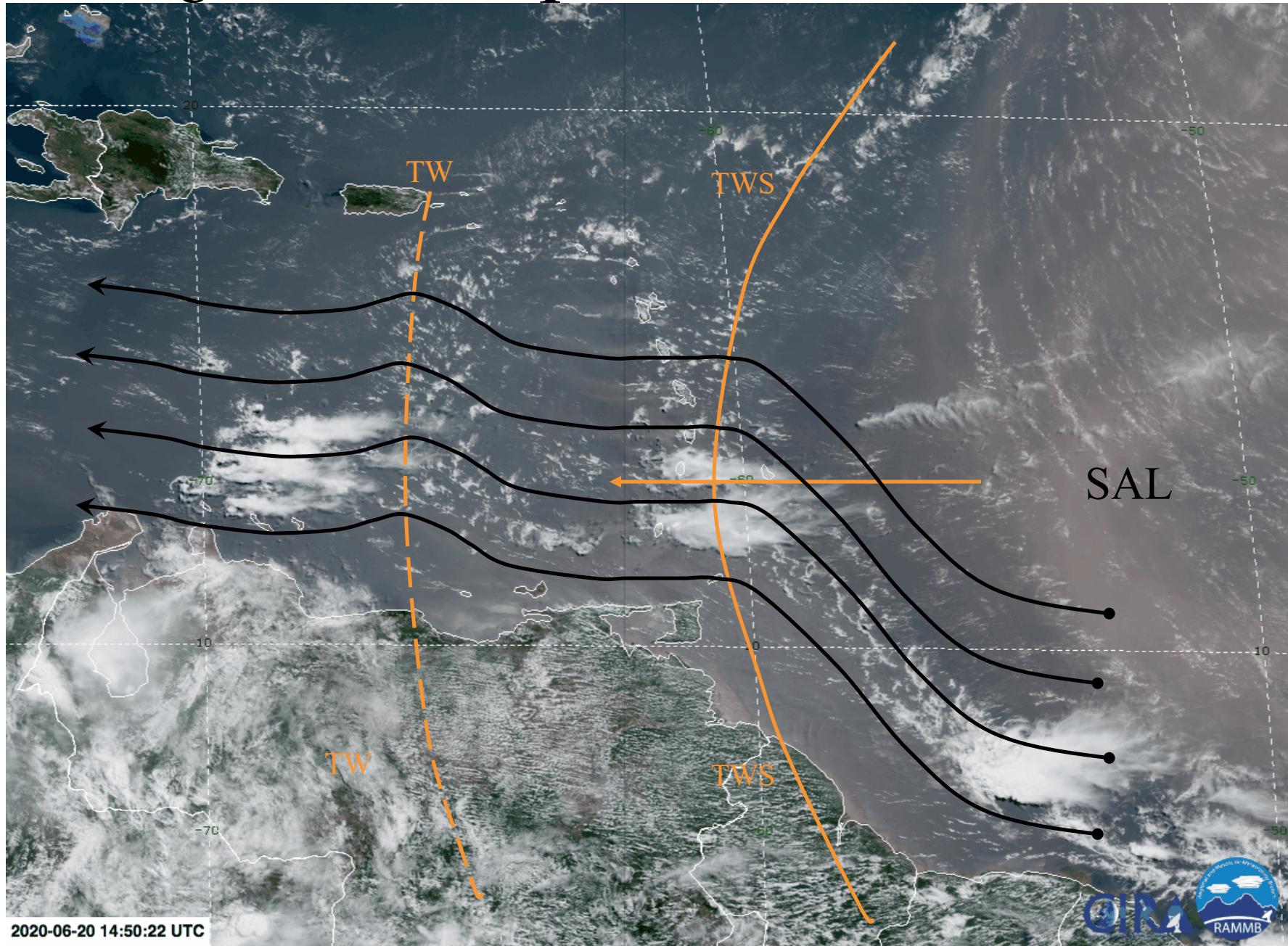
Vientos subsiguiente al paso del TWS



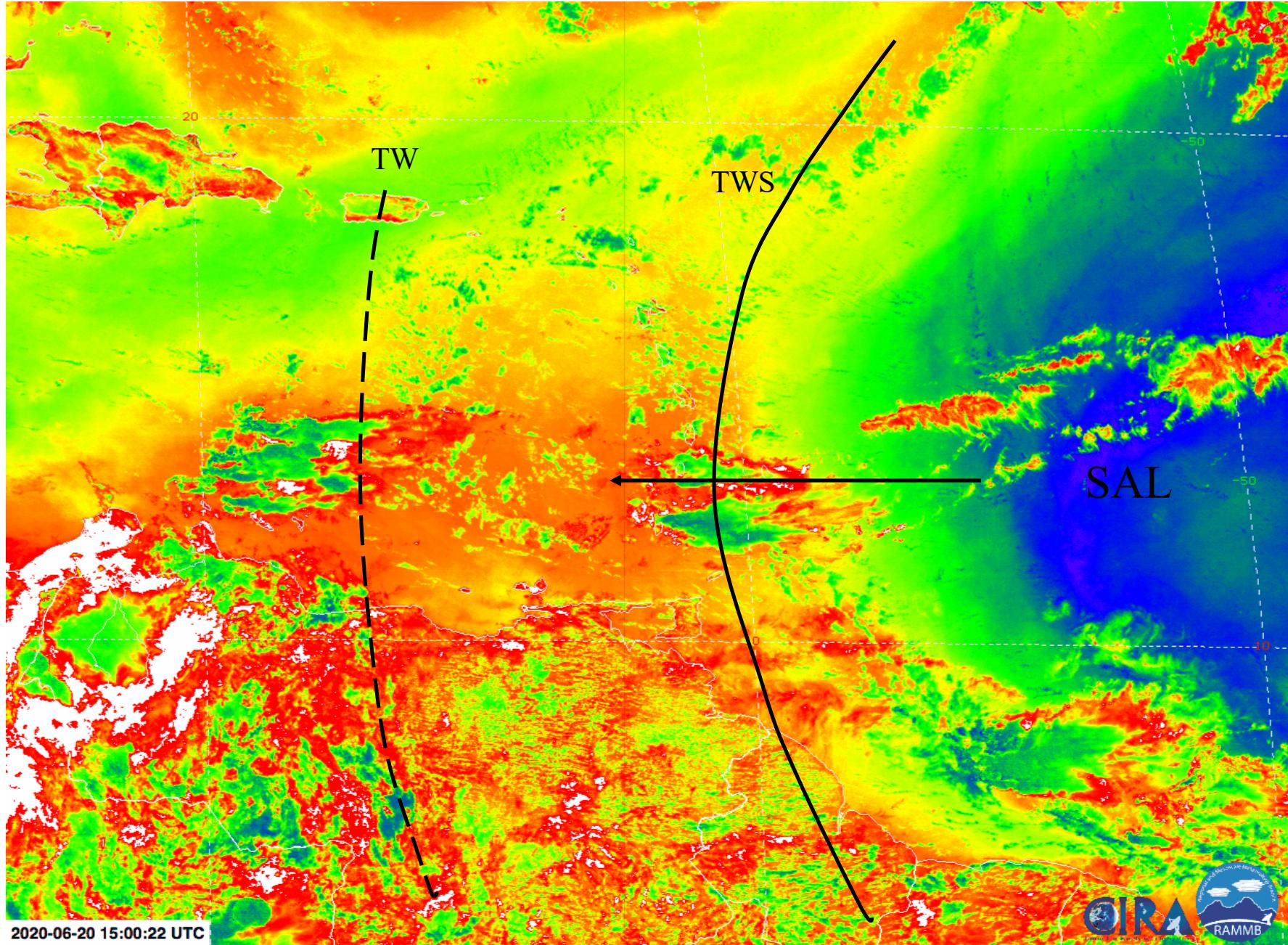
T+2



# ¿Onda Tropical o un TWS?



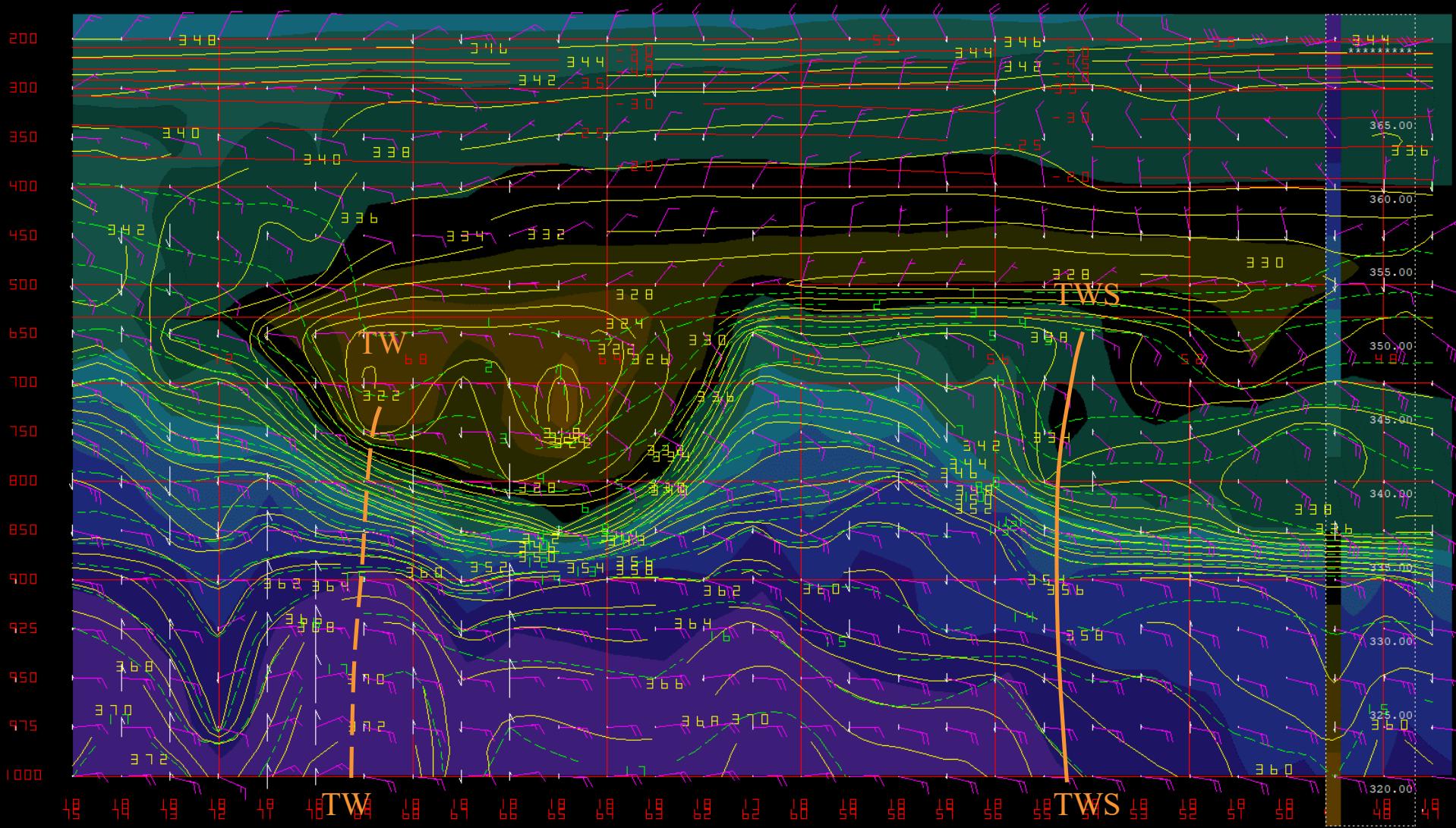
# GOES-16 Split Window (10.3-12.3 um)



# Perfil Vertical de THTE

GFS4:Lat/Lon 18N/ 75W=> 18N/ 47W :FHR= 27:FHRS= 0/ 24::FILE=JUN192006.GFS004  
2020/ 6/19/ 6--SMCLC -1 OMGA ZERO AROW CLR4&

CB DIAGNOSTIC MACRO, LIFT TO -20 C  
TEMP<-20 (RED), EPT (YELLOW), MIX RATIO (GREEN), AGEO CIRC (CYAN)



# Tormenta de Arena



¿Península  
Arábica?

Trinidad &  
Tobago, Junio  
20, 2020.  
Courtesy Met  
Service

# Referencias

- NWS Southern Region Forecaster Notes Number 5, 01 September 1992. Easterly Waves, or TUTT Lows? Sources of Confusion over the Atlantic, Puerto Rico, and along the Gulf Coast in Summer.
- USAFETAC/TN-89/003, *The Caribbean Basin, A Climatological Study*, December 1989
- AFCC Theater Climatic File CD. Volume 4: South America, South of the Amazon River, Ver. 1.0 June 1998.
- Burpee, R.W., 1972: The origin and structure of easterly waves in the lower troposphere of North Africa. J. Atmos. Sci., 29, 77-90.
- Dvorak, V.F., 1975: Tropical cyclone intensity analysis and forecasting from satellite imagery. Mon. Wea. Rev., 180, 1915-1923.
- Riehl, H., 1945: Waves in the easterlies and the polar front in the tropics. Misc. Rep. 17, Dept. Meteor., Univ. Chicago. 79 pp.
- \_\_\_\_\_, 1954: Tropical Meteorology. McGraw-Hill Book Co., New York, NY. 392 pp.
- Graphics generated using the Wingridds/PcGridds software to display the GFS/AVN global model.
- Satellite images provided by NOAA/NESDIS under permission.