

# Informe técnico

## Empuje frío #8

**Fecha: 17 a 22 de diciembre de 2023**

Paulo Solano Solano, Jose Pablo Valverde Mora  
(Análisis Meteorológico)

**Instituto Meteorológico Nacional**  
Departamento de Meteorología Sinóptica y Aeronáutica

## Resumen

Los empujes fríos son sistemas de escala sinóptica que muestran una influencia importante en los vientos, temperaturas e incluso en la precipitación en Costa Rica. El período de influencia de estos sistemas es de noviembre a febrero, sin embargo, hay casos atípicos en los que suelen ocurrir en meses fuera de este período. En el siguiente documento se realizará un análisis sobre el comportamiento del empuje frío #8 de la temporada 2023-2024, este sistema mantuvo influencia en el territorio nacional durante el período del 17 de diciembre hasta 22 de diciembre de 2023. Una característica importante del mismo es que su frente atmosférico asociado transitó en latitudes bajas y se posicionó sobre Costa Rica. El patrón de viento, temperatura y precipitación a nivel país se analizará a continuación y se muestran patrones recurrentes generados por estos sistemas que son acordes a otras investigaciones.

### 1. Introducción

Los empujes fríos se definen como fenómenos de escala sinóptica que se componen de un sistema de alta presión que contiene aire frío, una línea de cortante, una vaguada prefrontal y además, pueden contener un frente frío. Los empujes fríos tienen un impacto importante en el clima y tiempo atmosférico sobre regiones tropicales como Centroamérica y Costa Rica. En Costa Rica los empujes fríos suelen generar condiciones lluviosas particularmente en la vertiente del Caribe, ráfagas de viento hacia el centro y norte del país y disminución de la temperatura promedio diaria.

Durante el invierno boreal el ingreso de empujes fríos desde latitudes medias hacia Centroamérica es más frecuente y pueden ocasionar ráfagas de viento en superficie de hasta 108 km/h, disminución de la temperatura en baja troposfera de hasta 15 °C en México y Centroamérica y una disminución en la temperatura superficial del mar (TSM) entre 6 °C a 8 °C (Schultz et al, 1997).

En diciembre de 2023 se presentó el empuje frío No. 8 registrado por el IMN para la temporada 2023-2024. En particular, este empuje frío fue acompañado por el primer frente frío que incursionó en el territorio nacional, siendo el frente frío No. 1 de esta temporada. El sistema mantuvo influencia sobre el territorio nacional desde últimas horas de la noche del domingo 17 de diciembre con la entrada de la línea de cortante hacia Costa Rica y un período de mayor influencia del sistema durante el 18 de diciembre hasta primeras horas del viernes 22 de diciembre.

A continuación se realiza un análisis a escala sinóptica de la influencia de este sistema sobre Costa Rica. En este documento se evaluará la dinámica atmosférica a bajo nivel y alto nivel a partir de las líneas de corriente del modelo WRF-1 presión atmosférica a nivel del mar (NCEP/NCAR reanálisis), contenido de agua precipitable, magnitud del viento en varios niveles, divergencia en alto nivel y convergencia en bajo nivel e imágenes satelitales del infrarrojo (IR). Además, se realiza un resumen de la precipitación acumulada diaria, temperatura y ráfagas de viento para varias estaciones meteorológicas representativas.

## 2. Análisis sinóptico

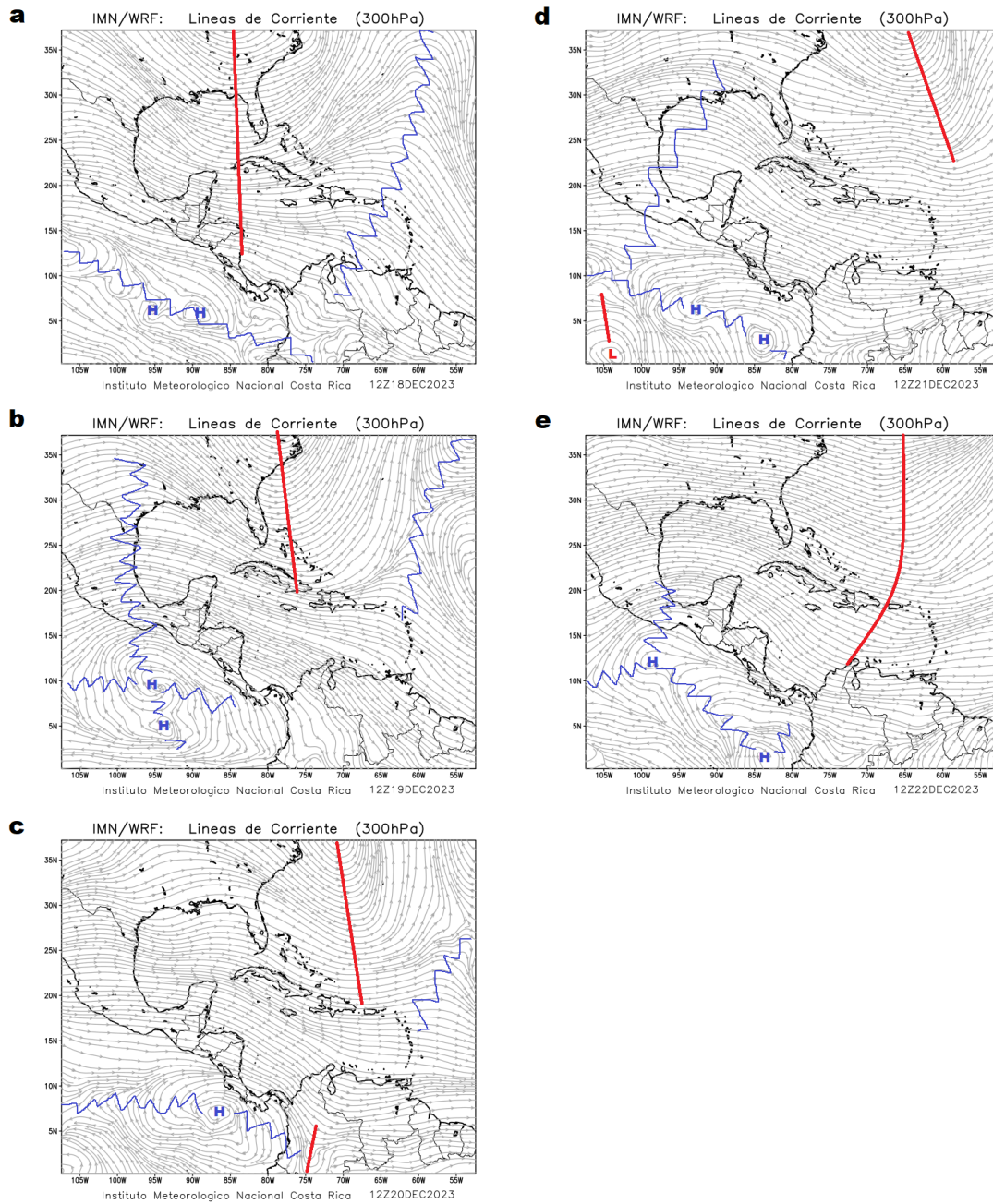
### 2.1. Líneas de corriente y dinámica atmosférica

En la figura 1 se generan las líneas de corriente para el nivel de 300 hPa, promedio en 6 horas para las 12:00 UTC desde el 18 de diciembre hasta 22 de diciembre de 2023. La entrada del jet subtropical se visualiza en la figura 1a y 1b sobre el Golfo de México, consistente con análisis de función de corriente en niveles altos (Schultz et al, 1997). La entrada de un jet se asocia con convergencia debido a confluencia de viento favoreciendo subsidencia desde niveles altos sobre el Golfo de México. Se observa una vaguada en altura que se desplaza hacia el este con el propio movimiento del empuje frío #8 (EF #8). Anticiclones en latitudes bajas fueron identificados con dorsales amplias que generan ventilación sobre el océano Pacífico. Las figuras 1c, 1d y 1e muestran el desplazamiento del sistema dorsal, vaguada durante el evento.

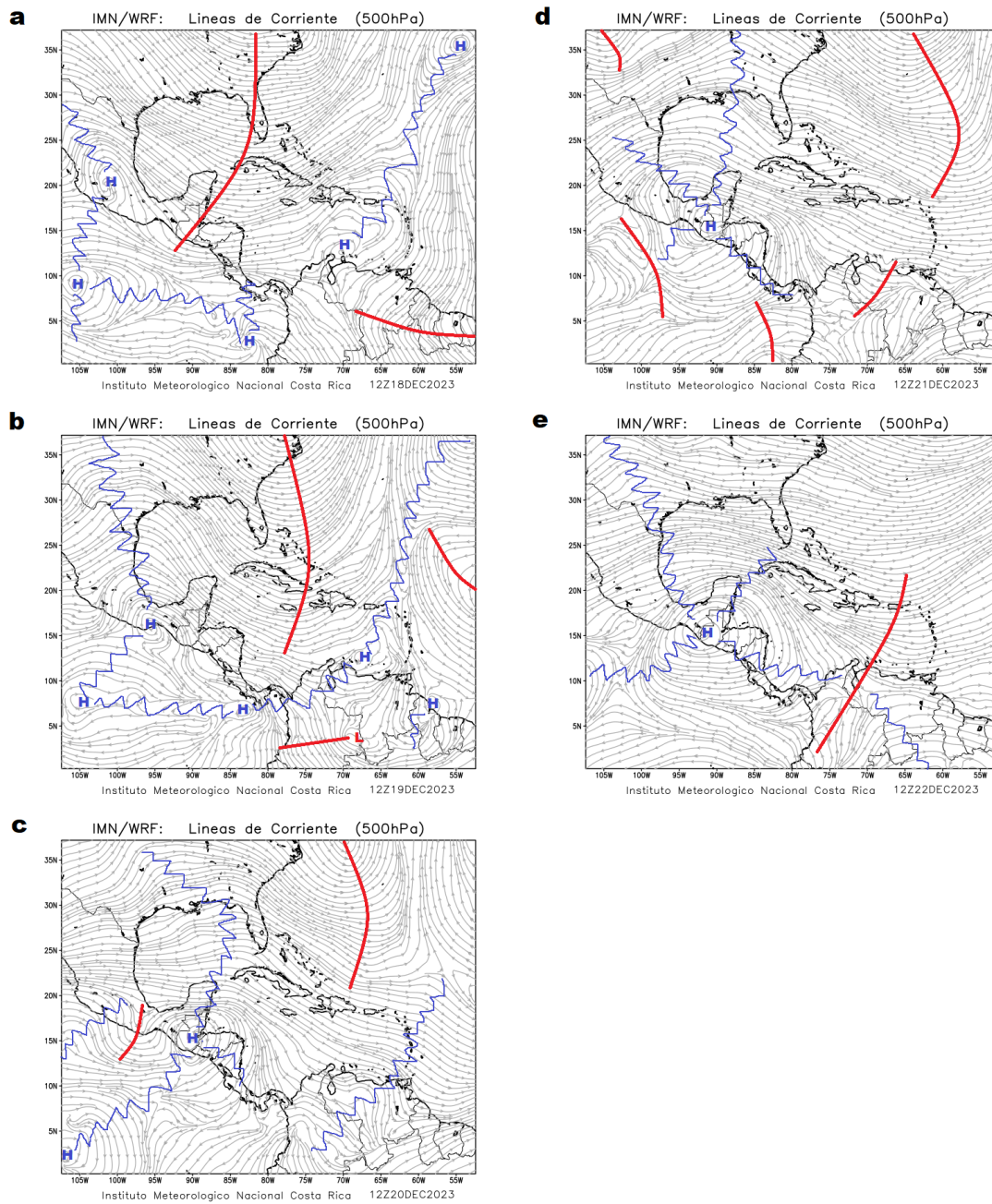
En la figura 2 se generan las líneas de corriente para el nivel de 500 hPa, promedio en 6 horas para las 12:00 UTC desde el 18 de diciembre hasta 22 de diciembre de 2023. En este caso es importante notar el fortalecimiento de un anticiclón sobre México y anticiclones en latitudes más bajas ( $5^{\circ}\text{N}$  a  $10^{\circ}\text{N}$ ) que en conjunto mantienen amplias dorsales sobre Centroamérica y principalmente sobre Costa Rica. Además, el conjunto dorsal-vaguada del empuje frío se reafirma en este nivel con un movimiento temporal hacia el este (desplazamiento típico para la dirección longitudinal de este tipo de sistemas).

En la figura 3 se generan las líneas de corriente para el nivel de 925 hPa, promedio en 6 horas para las 12:00 UTC desde el 18 de diciembre hasta 22 de diciembre de 2023 (excepto figura 3a - 18 diciembre 18:00 UTC). La línea de cortante relacionada al empuje frío #8 entró a Costa Rica el 17 de diciembre durante el período nocturno (no se muestra), esta se movilizó con el sistema hacia el este posteriormente posicionándose durante los días 18, 19 y 20 en Panamá, el sistema continuó su desplazamiento al este, sin embargo, el sistema de alta presión y su masa fría se mantuvieron sobre gran parte del territorio Centroamericano. La vaguada se profundiza hasta el nivel de 925 hPa mostrando la sección asociada al frente frío del EF #8.

La Zona de Convergencia Intertropical estuvo desplazada hacia el sur ( $5^{\circ}\text{N}$  aproximadamente) por lo tanto, no generó una influencia en la precipitación durante el evento.

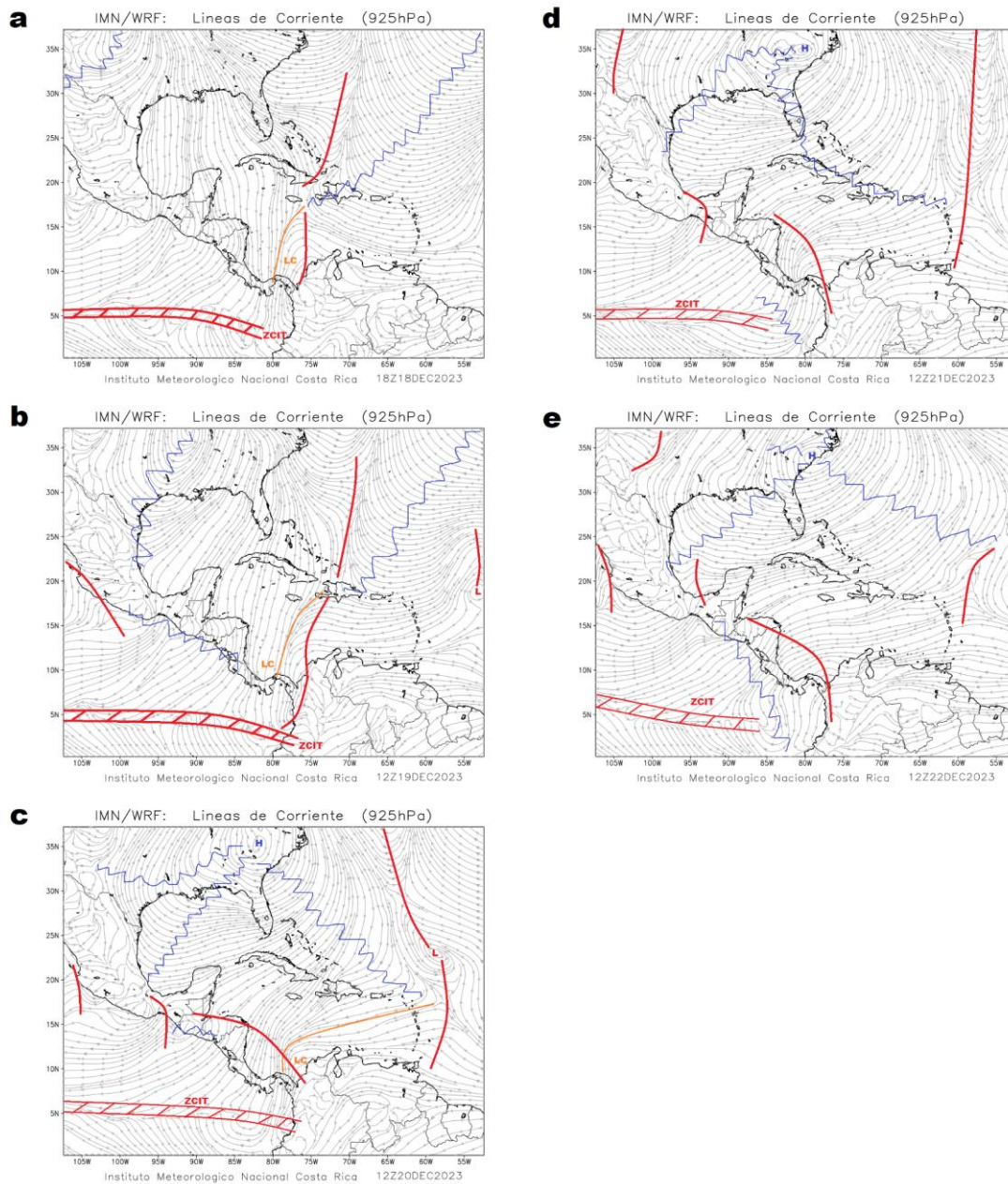


**Figura 1.** Líneas de corriente en 300 hPa para los días 18-22 de diciembre de 2023 a las 12:00 UTC. a) 18 de diciembre, b) 19 de diciembre, c) 20 de diciembre, d) 21 de diciembre, e) 22 de diciembre.

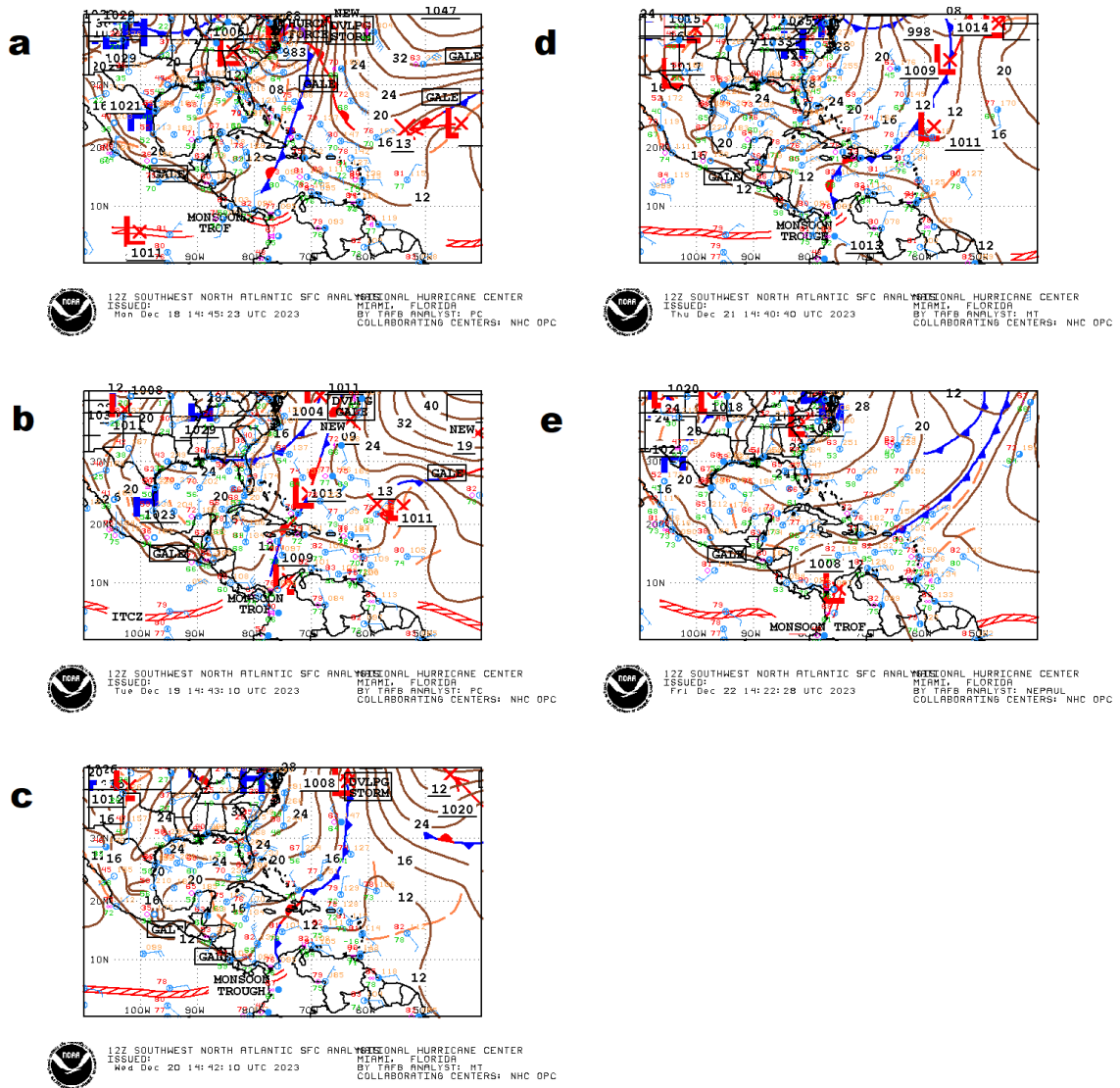


**Figura 2.** Líneas de corriente en 500 hPa para los días 18-22 de diciembre de 2023 a las 12:00 UTC. a) 18 de diciembre, b) 19 de diciembre, c) 20 de diciembre, d) 21 de diciembre, e) 22 de diciembre.





**Figura 3.** Líneas de corriente en 925 hPa para los días 18-22 de diciembre de 2023 a las 12:00 UTC (excepto a; fecha: 18 de diciembre 18:00 UTC). a) 18 de diciembre, b) 19 de diciembre, c) 20 de diciembre, d) 21 de diciembre, e) 22 de diciembre.



**Figura 4.** Cartas sinópticas para los días 18-22 de diciembre de 2023. a) 18 de diciembre, b) 19 de diciembre, c) 20 de diciembre, d) 21 de diciembre, e) 22 de diciembre. Fuente: Centro Nacional de Huracanes (NHC, siglas en inglés).

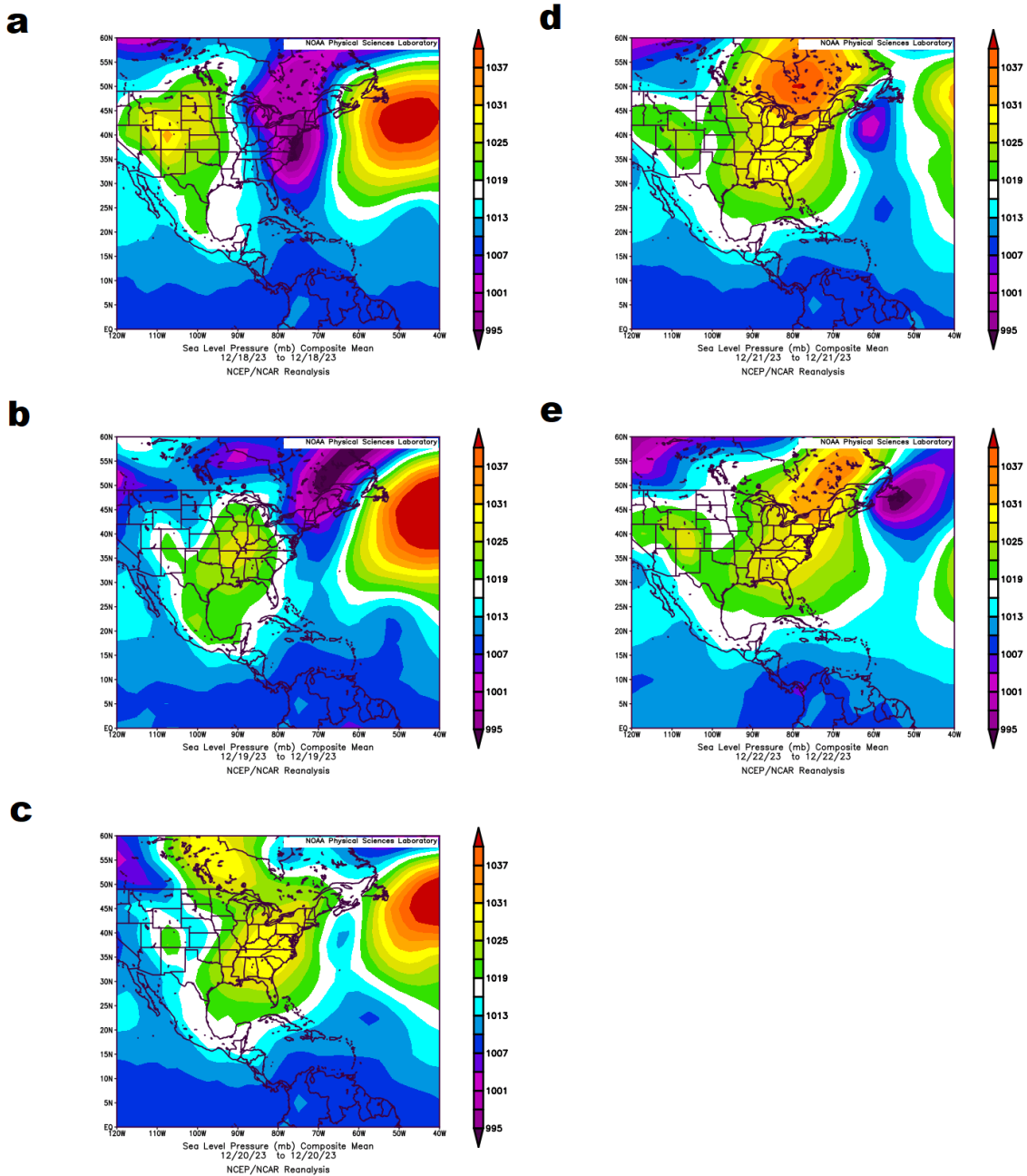
Las cartas sinópticas generadas por el NHC se muestran en la figura 4, en dónde, es posible visualizar el trazado de un frente frío / frente estacionario durante los días de influencia del EF #8 que se mantuvo en latitudes bajas (llegando a Costa Rica e incluso su línea de cortante hacia territorio panameño), además, es posible observar el conjunto H (alta presión) y L (baja presión) típicos de un empuje frío. Este conjunto H-L mantiene un desplazamiento hacia el este durante el período de análisis. La Zona de Convergencia según estas cartas sinópticas se mantuvo cerca de 5 °N de latitud con un desplazamiento ligeramente hacia el norte cerca del Golfo de Panamá.

## 2.2. Presión atmosférica y contenido de agua precipitable.

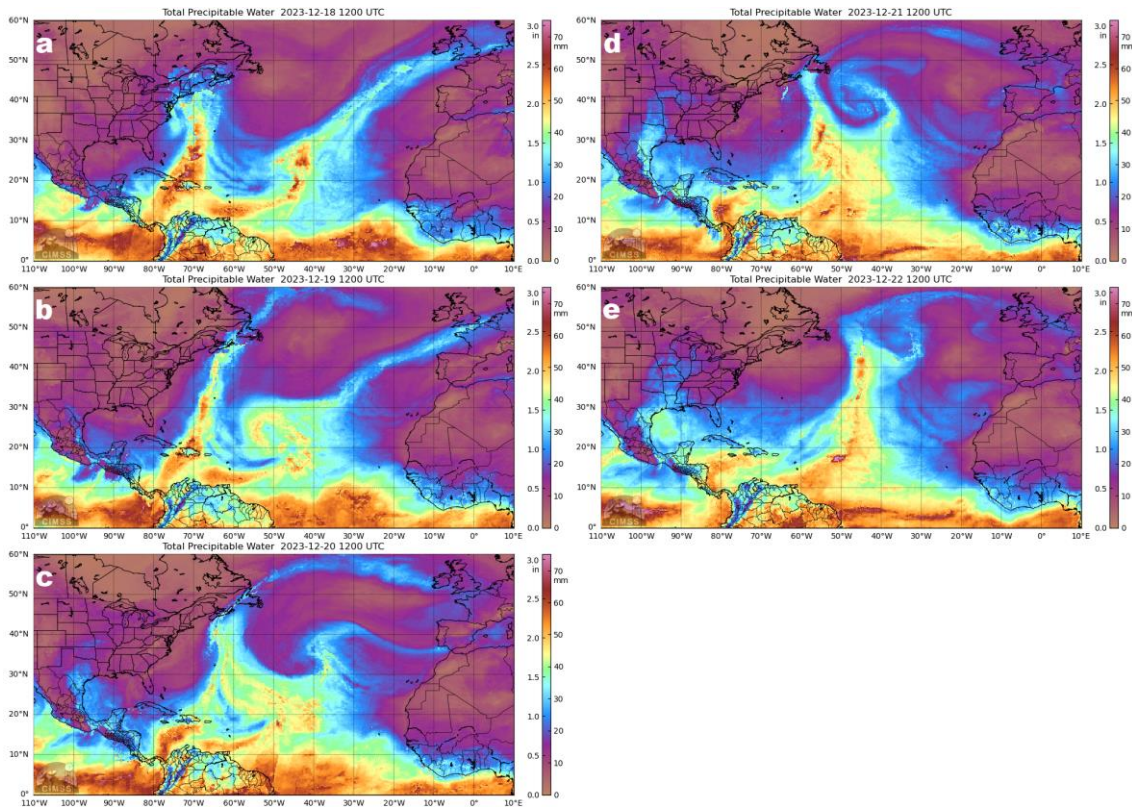
En la figura 5 se muestra la presión a nivel del mar (PNM) para los días 18 a 22 de diciembre de 2023. Un empuje frío se compone por un anticiclón cuyo reflejo son altas presiones a nivel del mar y una vaguada que produce bajas presiones a nivel del mar. El sistema de alta presión es canalizado por medio de la orografía la cual genera vorticidad suficiente para que el sistema se genere, fortalezca y se desplace hacia latitudes más bajas (Garreaud, 2001). Estas altas presiones son reflejo de la estructura del anticiclón que contiene una masa fría, se puede observar que durante el 19 de diciembre de 2023 (figura 5b) las altas presiones ingresan hacia latitudes más bajas que los demás días, a su vez la amplitud de este sistema es máximo durante el 21 de diciembre de 2023 (figura 5d). Durante los días de influencia se observa la estructura de altas presiones asociadas al anticiclón y bajas presiones asociadas a la vaguada. Estos sistemas se profundizan desde niveles altos hasta superficie (figura 1, 2 y 3). Los análisis son congruentes con las observaciones expuestas en el artículo de Schultz et al. 1997 en donde el día 3 desde el ingreso del sistema produce el mayor ingreso de masa fría asociada al anticiclón.

En la figura 6 se obtiene el contenido de agua precipitable para las 12:00 UTC entre el 18 al 22 de diciembre de 2023. Es claro que el mayor contenido de agua precipitable se concentra en dos estructuras, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) localizada cerca de 5 °N y entre 110 °O a 80 °O y en la estructura frontal. El frente frío canaliza convergencia de humedad debido a la interacción entre una masa más cálida y una masa fría, con esto el mismo se observa como una estructura en donde el contenido de humedad es superior a sus alrededores. Se observa en la figura 6 que el mayor contenido de humedad asociado a este se concentra cerca de la costa del Caribe costarricense y panameño durante los días de afectación, sin embargo, parte de esta convergencia de humedad también se asocia a la línea de cortante que se localizó en Costa Rica durante la noche del 17 de diciembre y en Panamá entre el 18, 19 y 20 de diciembre. La línea de cortante puede producir eventos extremos de precipitación asociados a empujes fríos particularmente entre noviembre y febrero, en donde un 32.8 % de los eventos extremos durante este período se asocian con el tránsito de líneas de cortante por Costa Rica según análisis anteriores realizados en la década de 2000 al 2010 (Chinchilla et al, 2016).





**Figura 5.** Presión a nivel del mar (PNM) promedio diario para los días 18-22 de diciembre de 2023. a) 18 de diciembre, b) 19 de diciembre, c) 20 de diciembre, d) 21 de diciembre, e) 22 de diciembre. Fuente: Reanálisis NCEP/NCAR.



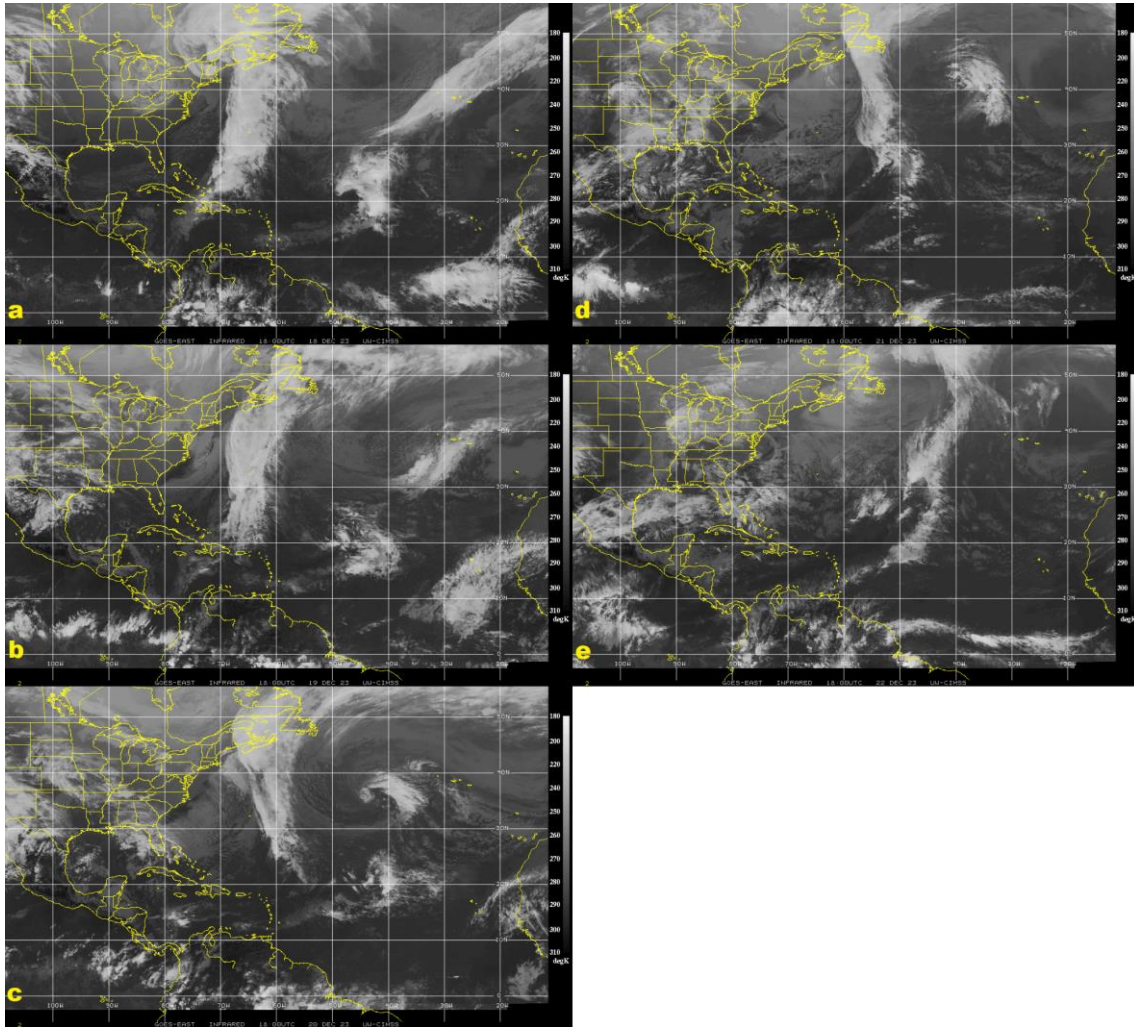
**Figura 6.** Contenido de agua precipitable (PWAT, por sus siglas en inglés) para los días 18-22 de diciembre de 2023 a las 12:00 UTC. a) 18 de diciembre, b) 19 de diciembre, c) 20 de diciembre, d) 21 de diciembre, e) 22 de diciembre. Fuente: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS).

### 2.3. Imágenes satelitales y viento a varios niveles de presión.

La estructura del frente frío se puede observar con el IR, figura 7. En este caso, se puede observar la masa fría que precede el frente frío #1 asociado al empuje frío #8. Se observa que la masa fría se mantiene sobre la mayoría del territorio centroamericano generando así temperaturas más frescas durante el período de influencia del sistema, en particular en el territorio nacional. Además, el frente frío se identifica de forma clara en las imágenes del IR con incursión hacia territorio nacional durante el día 18 y 19 de diciembre de 2023, sin embargo, la estructura más importante y fortalecida se localizó a lo largo de latitudes más altas.

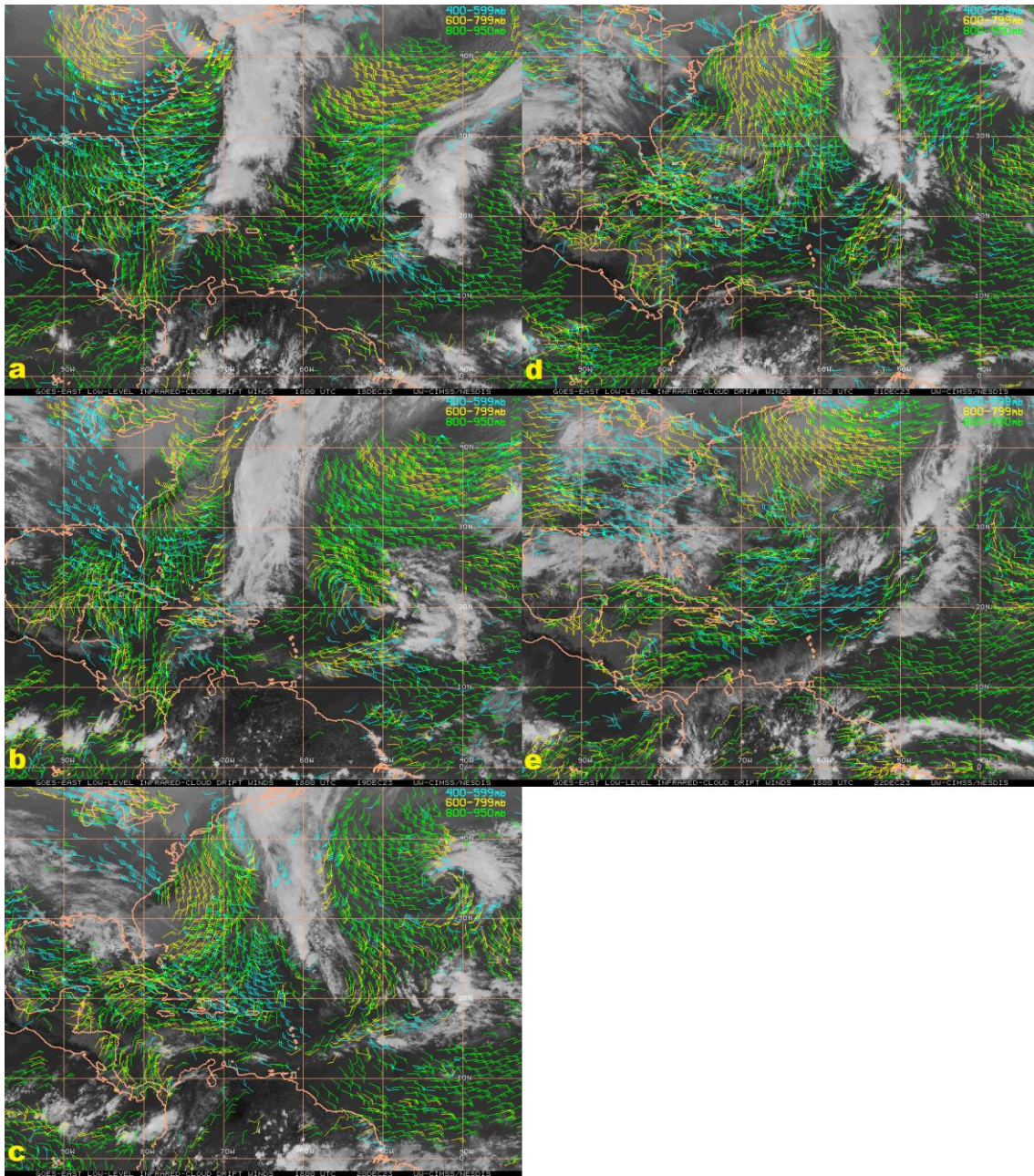
En la figura 8, se detallan las barbas de viento en bajo nivel y niveles medios. Específicamente se puede observar que el flujo que se mantiene hacia Costa Rica proviene del norte para los días 18, 19 y 20 de diciembre (figura 8a, 8b y 8c), en diferencia, el flujo que permanece sobre el país durante los días 21 y 22 de diciembre (figura 8d y 8e) es mayormente zonal con una dirección del noreste-este predominante durante estos dos últimos días. Los máximos reportados por este producto satelital abarcan máximos entre los 25 kt y 35 kt durante el período de influencia para el nivel de 950 mb a 800 mb.

En la figura 9, se detallan las barbas de viento en niveles medios y niveles superiores. Se puede observar el flujo predominante congruente a las estructuras observadas en las líneas de corriente (figuras 1 y 2). Además, sobre el territorio nacional el flujo en altura permanece con una dirección noroeste-oeste asociada al desplazamiento del empuje frío sobre la región.



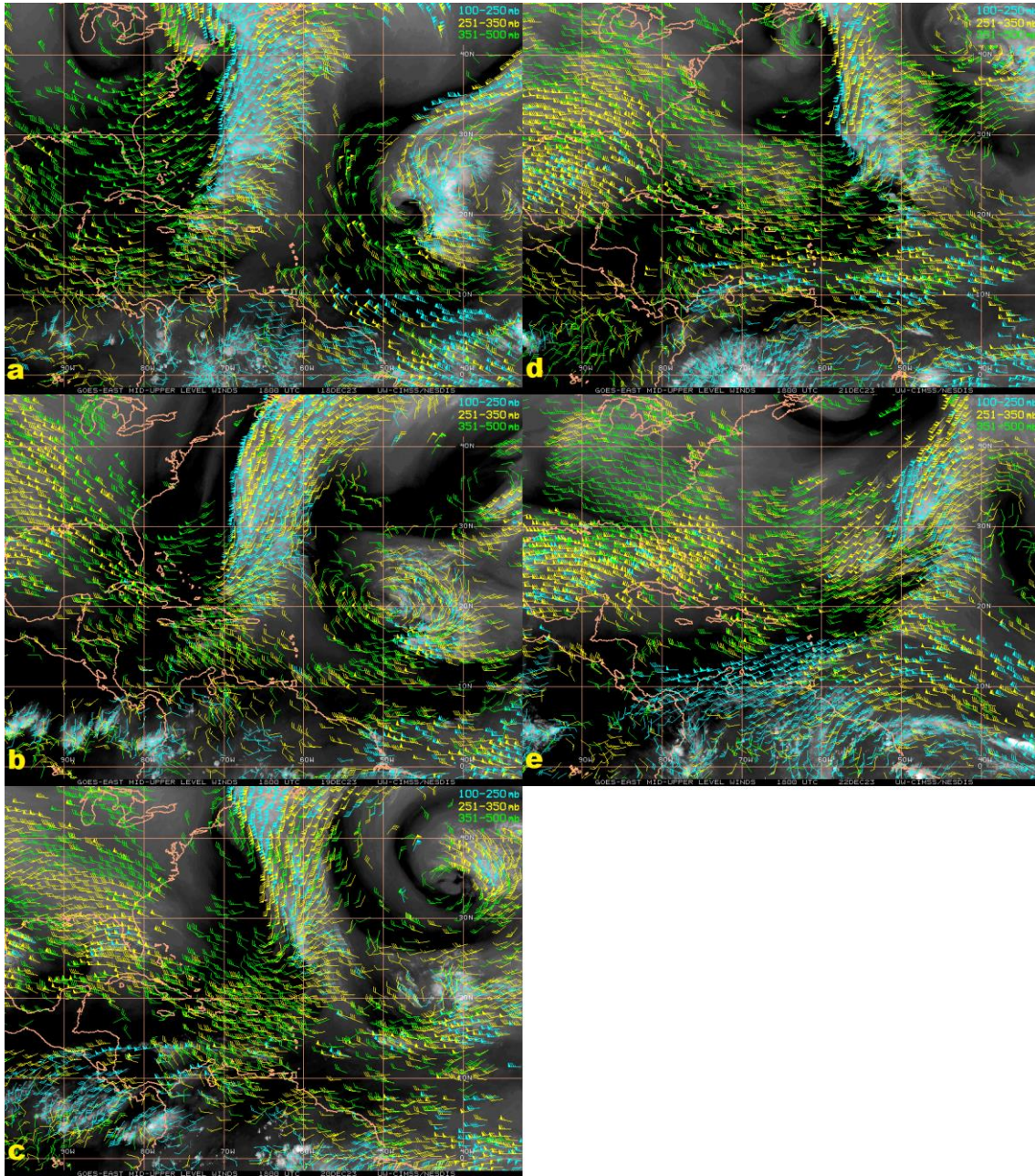
**Figura 7.** Imágenes satelitales del infrarrojo (IR) para los días 18-22 de diciembre de 2023 a las 18:00 UTC. a) 18 de diciembre, b) 19 de diciembre, c) 20 de diciembre, d) 21 de diciembre, e) 22 de diciembre. Fuente: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS).





**Figura 7.** Barbas de viento en niveles medios y bajos (celeste 400-599 mb, amarillo 600-799 mb, verde de 800-950 mb) para los días 18-22 de diciembre de 2023 a las 18:00 UTC. a) 18 de diciembre, b) 19 de diciembre, c) 20 de diciembre, d) 21 de diciembre, e) 22 de diciembre. Fuente: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS).





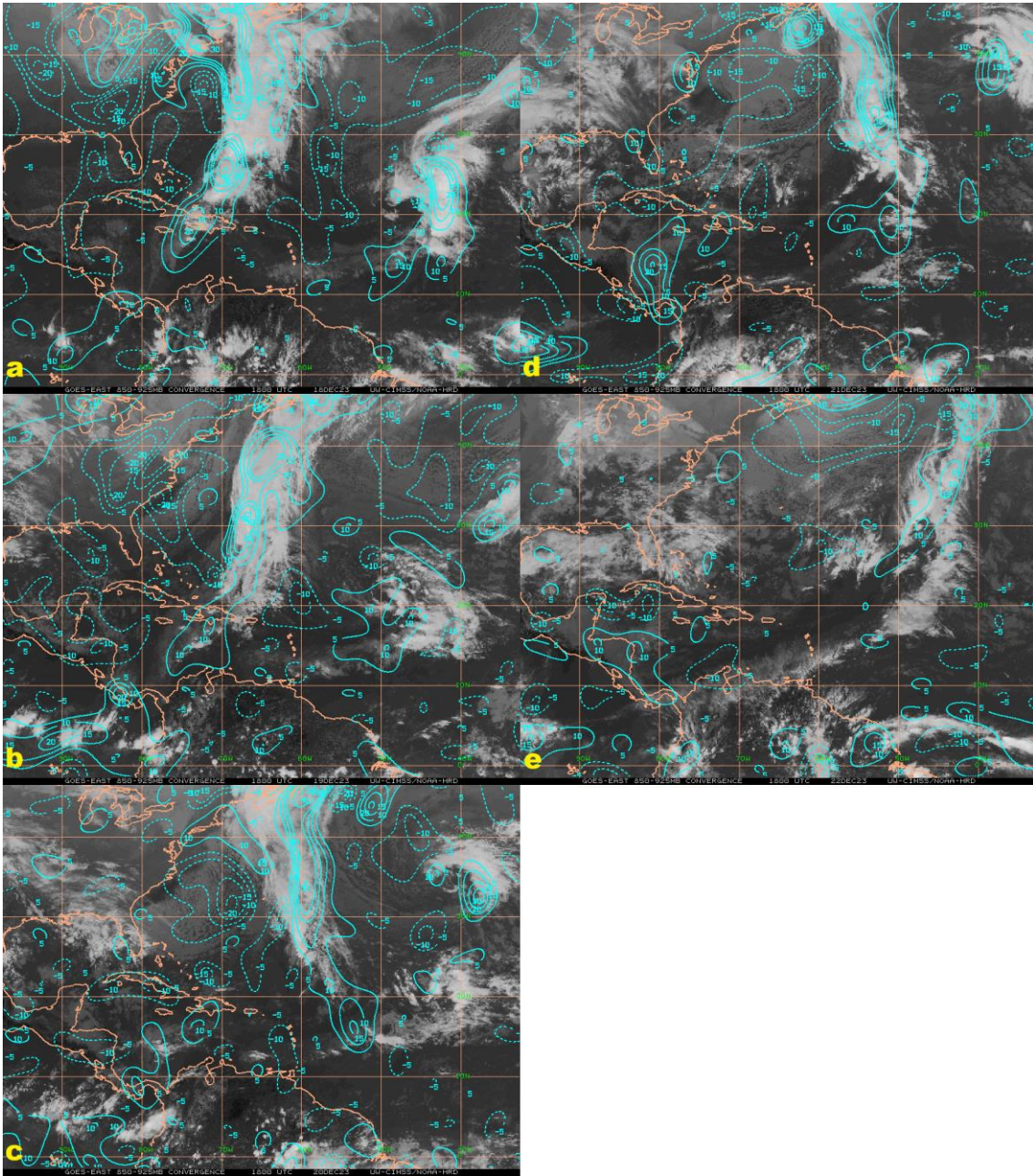
**Figura 8.** Barbas de viento en niveles medios y altos (celeste 100-250 mb, amarillo 251-350 mb, verde de 351-500 mb) para los días 18-22 de diciembre de 2023 a las 18:00 UTC. a) 18 de diciembre, b) 19 de diciembre, c) 20 de diciembre, d) 21 de diciembre, e) 22 de diciembre. Fuente: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS).

#### 2.4. Convergenca en bajo nivel y divergenca en altura.

La convergencia en bajo nivel indica lugares específicos en dónde hay presencia de ascensos que permiten el desarrollo de nubosidad. En la figura 8 se observa que los puntos de mayor convergencia en bajo nivel se sitúan a lo largo del frente frío - frente estacionario (ver figura 4) y cerca de la costa caribeña de Costa Rica y Panamá debido al desplazamiento del sistema y la influencia de su línea de cortante. Además, durante los días 21 y 22 de diciembre se observa que la convergencia en bajo nivel se mantiene en la región aunque la línea de cortante y el frente frío se hayan desplazado hacia el este. Esta convergencia en bajo nivel se asocia principalmente a la influencia del sistema sobre el patrón de vientos en bajo nivel el cual se mantuvo mayormente zonal durante estos dos días, además, a que el contenido de agua precipitable aún mantenía valores significativos.

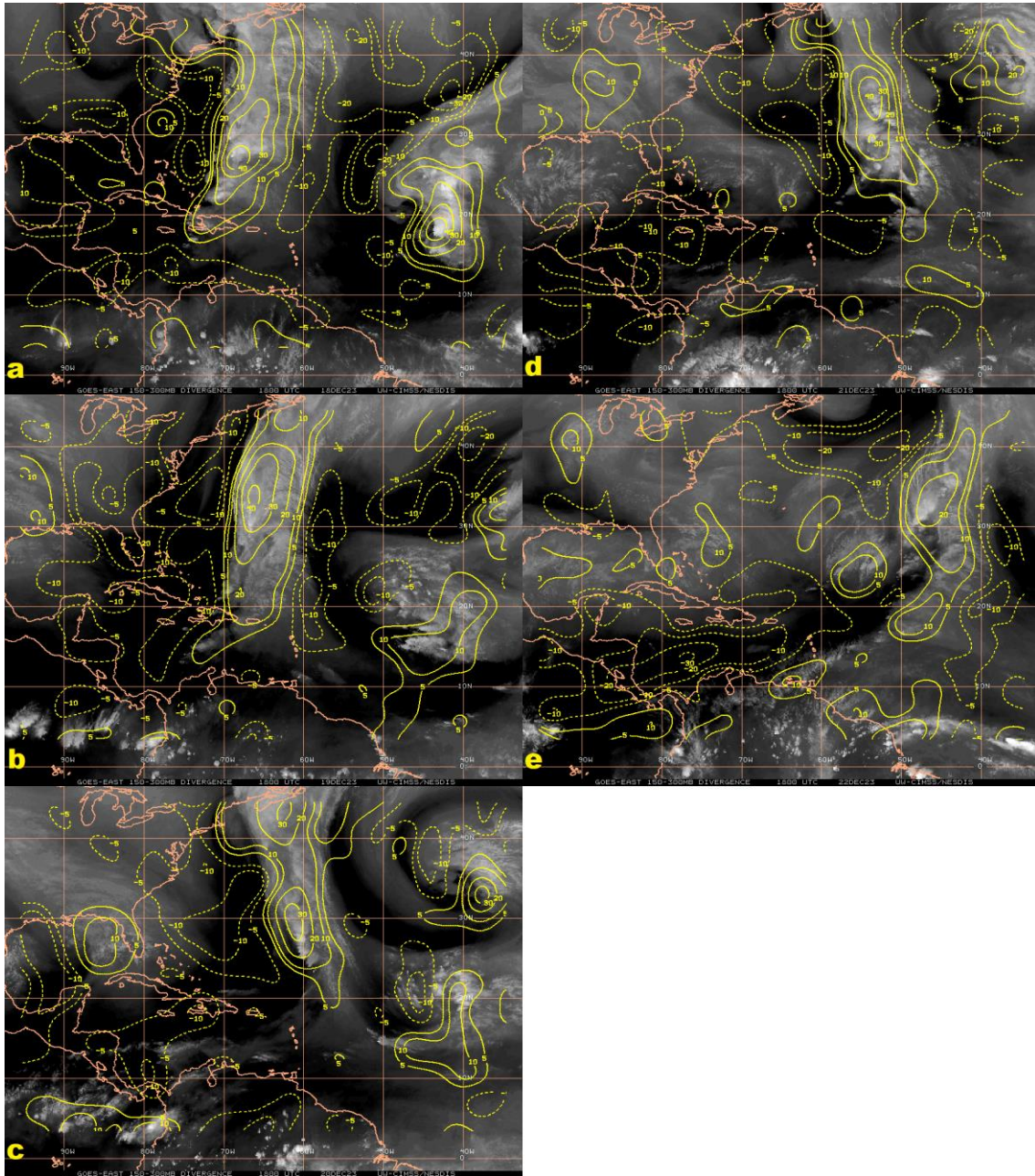
La divergencia en niveles altos (figura 9) se concentra principalmente sobre la estructura frontal. Sobre Costa Rica permanece un patrón no divergente asociado a la salida de la ZCIT y además, a las características de la precipitación. La precipitación asociada a estos sistemas es de carácter estratiforme y suele ocurrir en nubes de poco desarrollo vertical. Estas condiciones se reflejan también en los patrones de convergencia y divergencia de las figuras 8 y 9.





**Figura 8.** Convergencia en bajo nivel para los días 18-22 de diciembre de 2023 a las 18:00 UTC. a) 18 de diciembre, b) 19 de diciembre, c) 20 de diciembre, d) 21 de diciembre, e) 22 de diciembre. Fuente: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS).

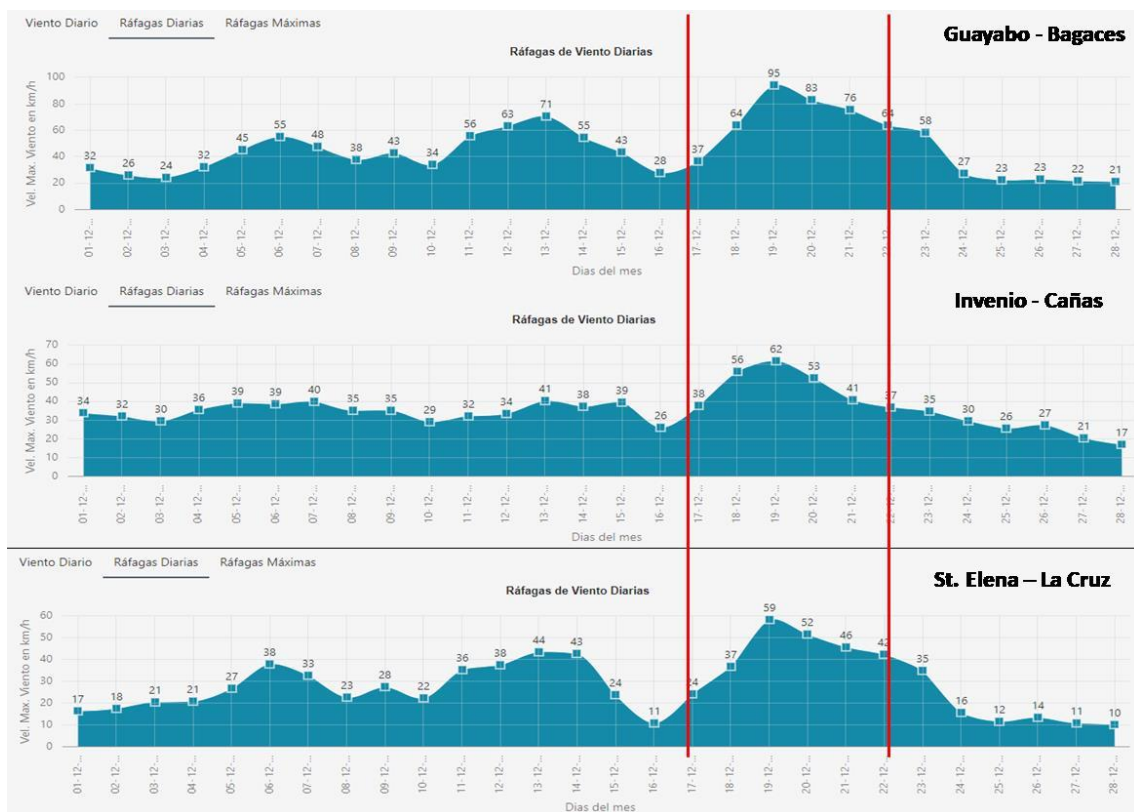




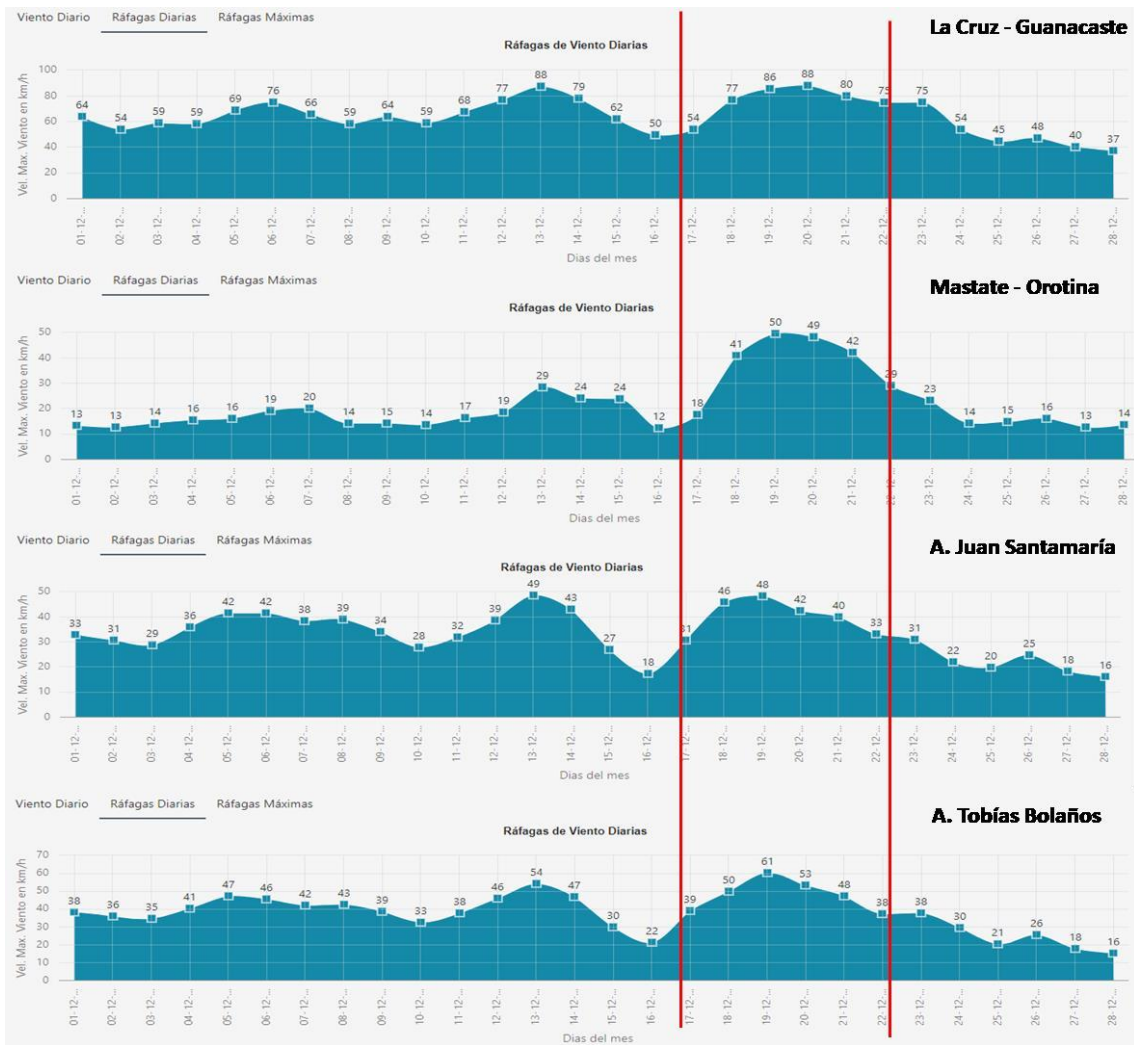
**Figura 9.** Divergencia en niveles altos para los días 18-22 de diciembre de 2023 a las 18:00 UTC. a) 18 de diciembre, b) 19 de diciembre, c) 20 de diciembre, d) 21 de diciembre, e) 22 de diciembre. Fuente: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS).

## 2.5. Ráfagas de viento en estaciones meteorológicas representativas.

Las figuras 10 y 11 describen las ráfagas máximas que se presentaron en estaciones meteorológicas situadas en el Pacífico Norte y Valle Central. Los máximos se presentaron entre el día 19 y 20 de diciembre de 2023, en dónde, la estación Guayabo - Bagaces (figura 10 arriba) presentó un máximos de 95 km/h para el 19 de diciembre, la estación de La Cruz (figura 11 arriba) presentó un máximo de 88 km/h durante el 20 de diciembre. En general, se puede observar la influencia del EF #8 sobre el patrón de vientos ya que un aumento de los mismos se generó entre los días 17 a 20 de diciembre y una disminución paulatina conforme el EF #8 se alejaba hacia el este. Es importante señalar que después de la influencia de este sistema se observa un patrón más regular en las ráfagas para las estaciones aquí mostradas.



**Figura 10.** Ráfagas máximas de viento diarias en estaciones en Bagaces, Cañas y La Cruz. Se detalla entre líneas rojas el período de influencia del empuje frío #8.



**Figura 11.** Ráfagas máximas de viento diarias en estaciones de La Cruz, Orotina, Aeropuerto Internacional Juan Santamaría y Aeropuerto Tobías Bolaños. Se detalla entre líneas rojas el período de influencia del empuje frío #8.

## 2.6. Temperaturas máximas y mínimas para estaciones meteorológicas representativas.

La masa fría asociada al EF #8 generó advección fría desde latitudes medias hacia los trópicos. En Costa Rica esta influencia fue más notable hacia el centro y norte del país. En la figura 12 se muestran las temperaturas máximas registradas en el Caribe, se observa que las temperaturas mínimas se generan a partir del ingreso de la masa fría el 18 de diciembre de 2023 con un posterior aumento paulatino a partir de su mínimo el 19 de diciembre en la mayoría de las estaciones.

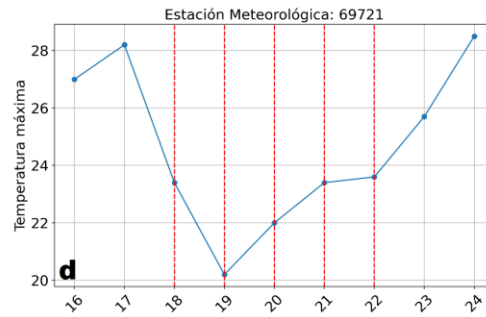
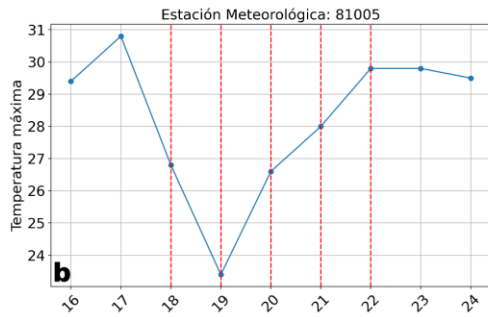
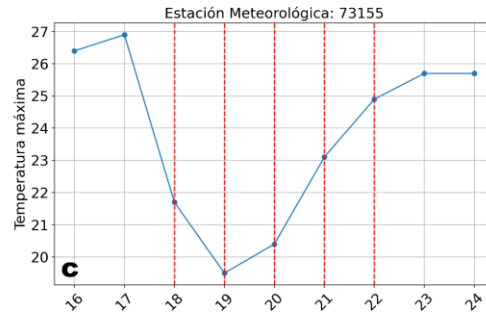
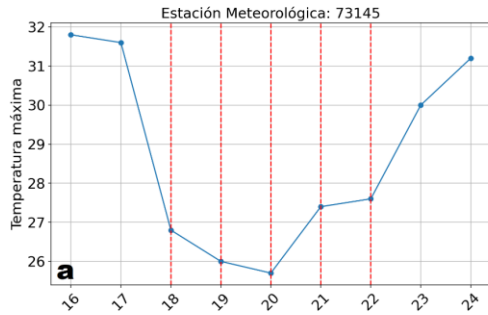
Se puede realizar un estimado de la diferencia de las temperaturas máximas y mínimas durante el 16 de diciembre con el mínimo reportado por las estaciones meteorológicas. En el Caribe se estima aproximadamente entre 5 - 10 °C producto de mayor nubosidad sobre esta región. Las temperaturas mínimas muestran condiciones similares en el Caribe (figura 13), sin embargo, su mínima se presenta entre los días 20 y 21 de diciembre con una diferencia de temperatura entre 1.5 - 3.5 °C. En el Valle Central se detalla un comportamiento similar al Caribe, con una menor reducción en las temperaturas máximas (figura 14) registradas por las estaciones meteorológicas de la región, aproximadamente entre 5 - 8 °C. La diferencia en las temperaturas mínimas (figura 15) que se registra es de aproximadamente entre 2 - 3.5 °C.

Zona Norte también muestra un comportamiento similar, con una reducción de las temperaturas durante el período de influencia del EF #8. La diferencia entre temperaturas máximas (figura 16) y temperaturas mínimas (figura 17) fue de aproximadamente 5 - 8 °C y 1.5 - 2.5 °C respectivamente.

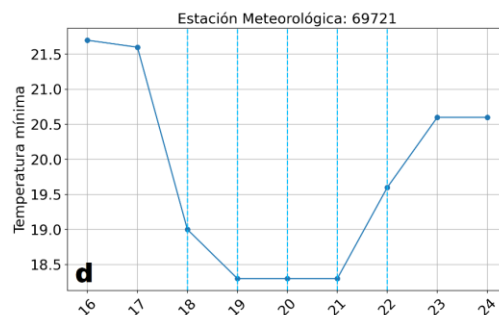
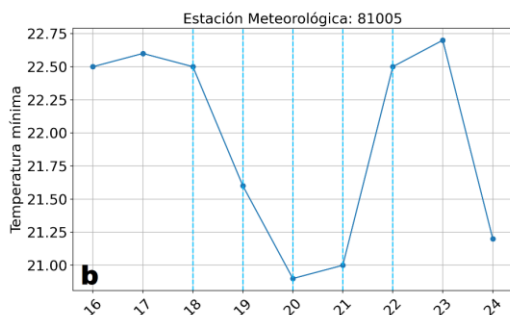
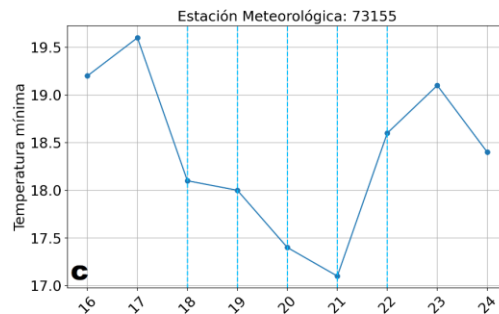
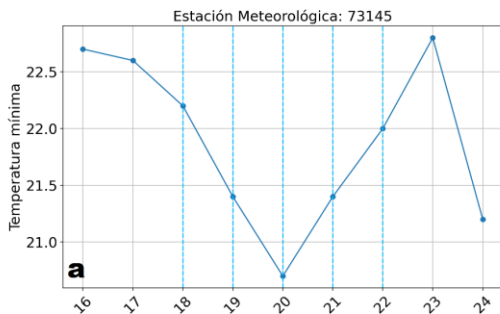
El Pacífico Norte al igual que las otras regiones climáticas muestra una reducción de las temperaturas durante la influencia del EF #8, sin embargo, esta influencia es notable solamente en las temperaturas máximas. La diferencia entre temperaturas máximas (figura 18) fue de aproximadamente 3 - 5 °C, las temperaturas mínimas se presentan en la figura 19.

La influencia sobre sectores costeros del Pacífico Central (figura 20b, 20d, 21b y 21d) y en el Pacífico Sur (figuras 22 y 23) no es clara, al menos durante este caso en particular no es notable la influencia del EF #8 en la temperatura de las estaciones meteorológicas situadas en estas regiones. Sin embargo, los mínimos tanto en temperaturas máximas como mínimas se presentan en los mismos días que se reportan en las demás regiones climáticas. En sectores montañosos del Pacífico Central se muestra un comportamiento similar al observado en Caribe, Valle Central y Zona Norte, en donde la diferencia entre temperaturas máximas (figura 20a y 20c) y temperaturas mínimas (figuras 21a y 21c) fue de aproximadamente 5 °C y 1.5 - 2.5 °C respectivamente.

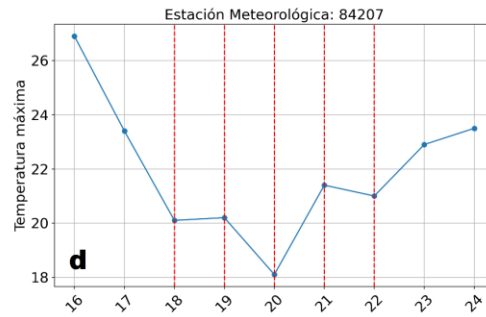
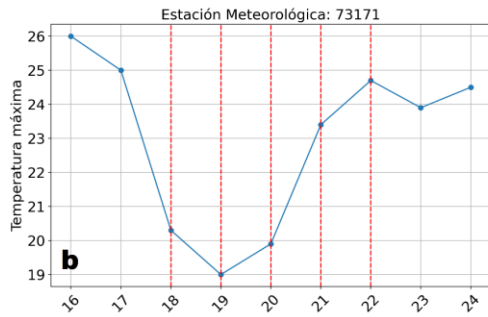
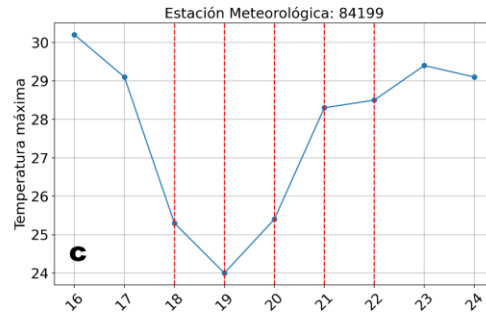
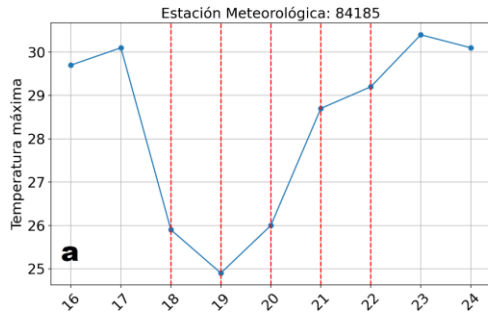




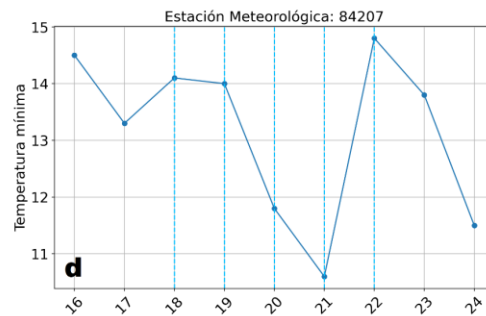
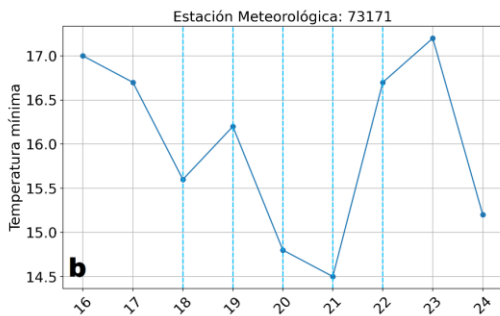
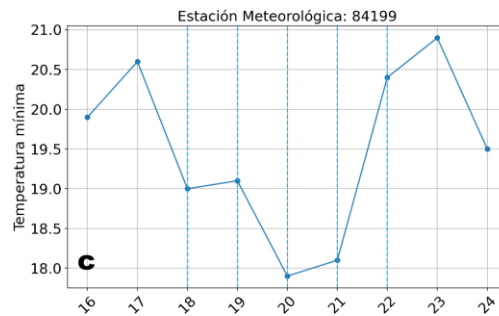
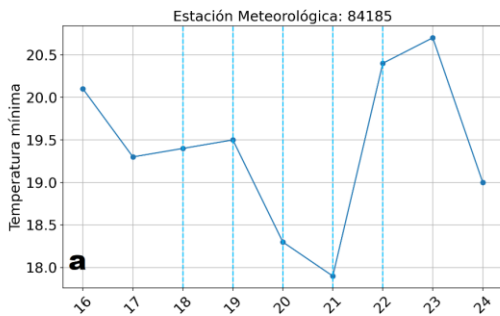
**Figura 12.** Temperaturas máximas en el Caribe. Se detalla en líneas rojas el período de influencia del empuje frío #8. a) Guácimo (Caribe Norte), b) Aeropuerto de Limón (Caribe Sur), c) Turrialba (Caribe Sur), d) Horquetas (Caribe Norte).



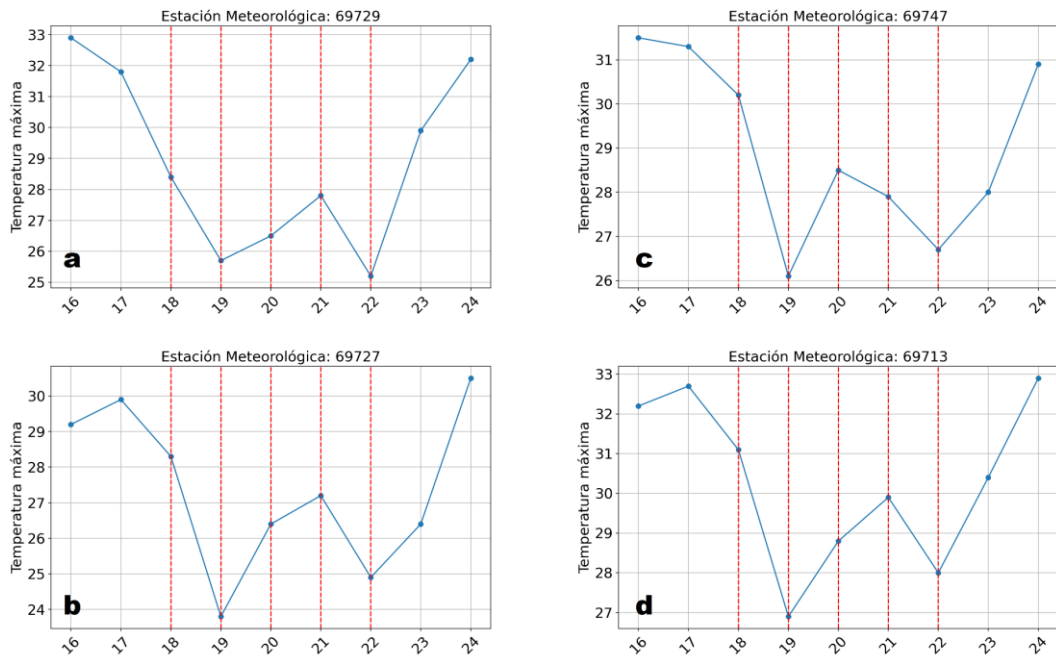
**Figura 13.** Temperaturas mínimas en el Caribe. Se detalla en líneas rojas el período de influencia del empuje frío #8. a) Guácimo (Caribe Norte), b) Aeropuerto de Limón (Caribe Sur), c) Turrialba (Caribe Sur), d) Horquetas (Caribe Norte).



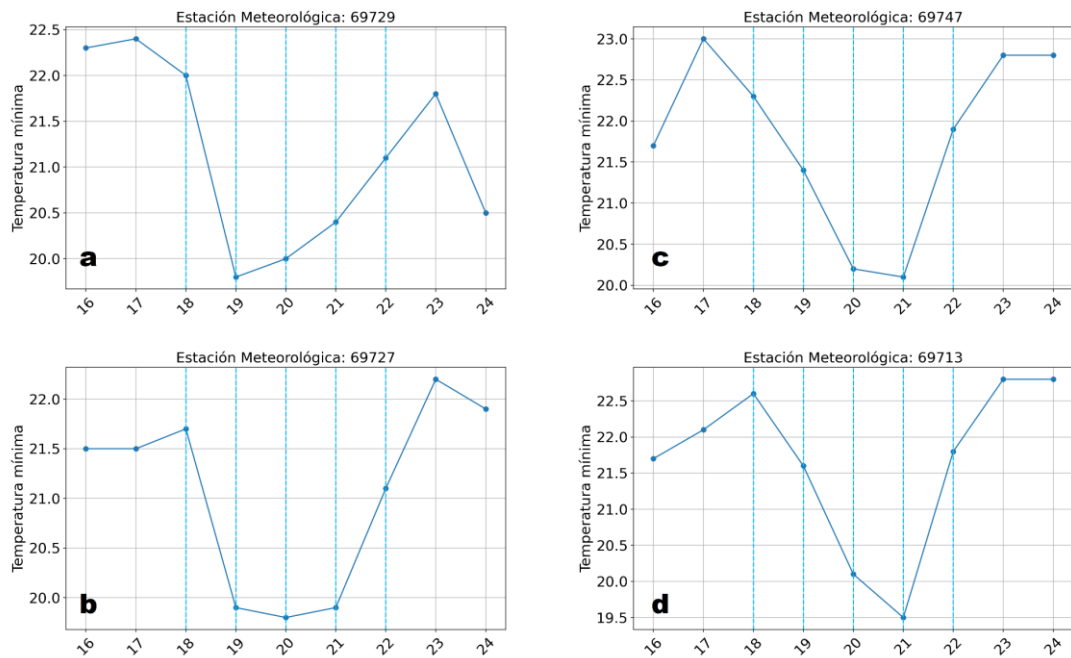
**Figura 14.** Temperaturas máximas en el Valle Central. Se detalla en líneas rojas el período de influencia del empuje frío #8. a) Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, b) Paraíso, c) Belén, d) Coronado.



**Figura 15.** Temperaturas mínimas en el Valle Central. Se detalla en líneas rojas el período de influencia del empuje frío #8. a) Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, b) Paraíso, c) Belén, d) Coronado.

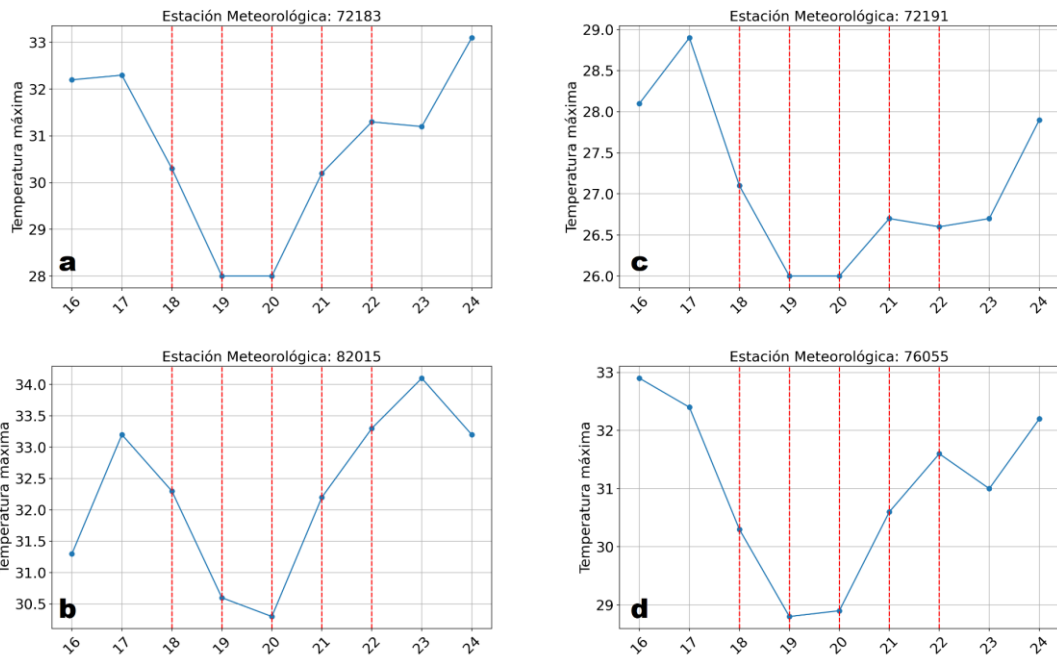


**Figura 16.** Temperaturas máximas en la Zona Norte. Se detalla en líneas rojas el período de influencia del empuje frío #8. a) Sarapiquí, b) La Fortuna, c) Guatuso, d) Los Chiles.

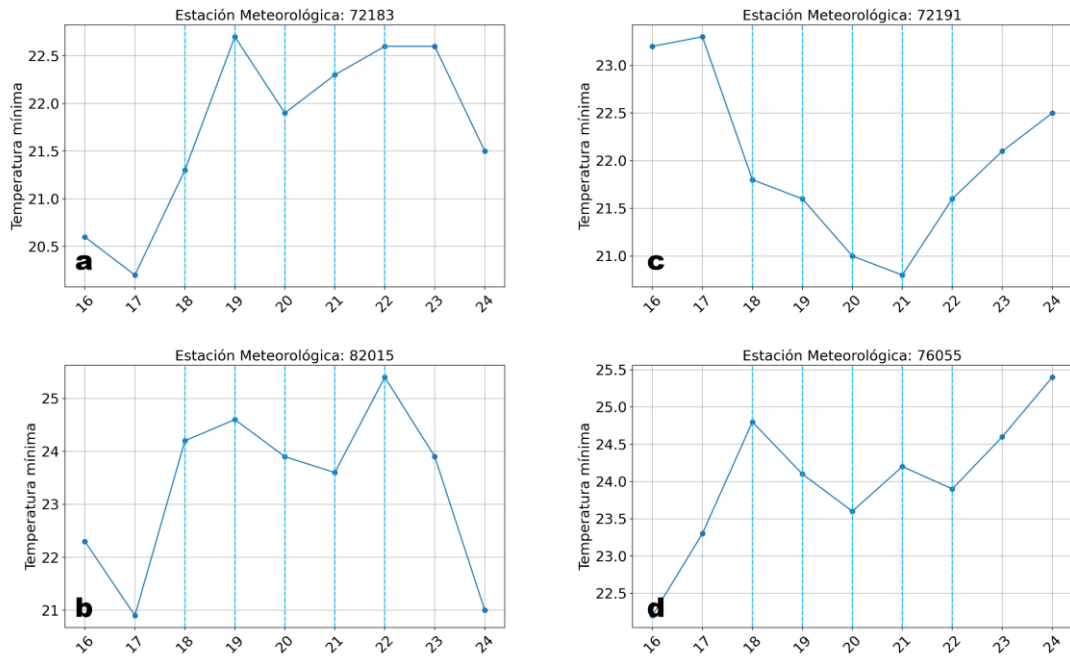


**Figura 17.** Temperaturas mínimas en la Zona Norte. Se detalla en líneas rojas el período de influencia del empuje frío #8. a) Sarapiquí, b) La Fortuna, c) Guatuso, d) Los Chiles.

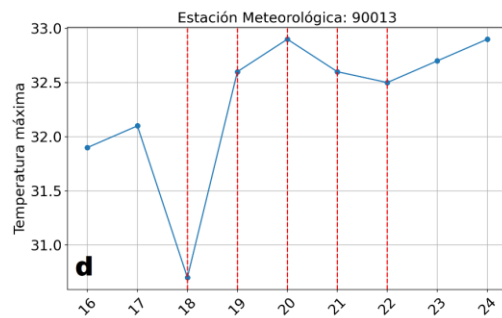
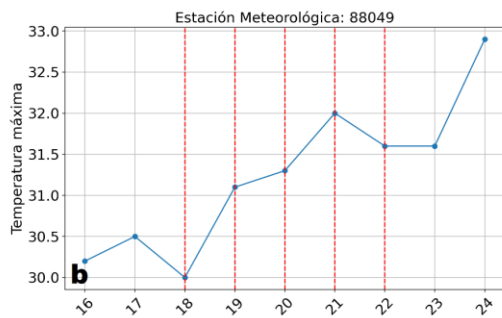
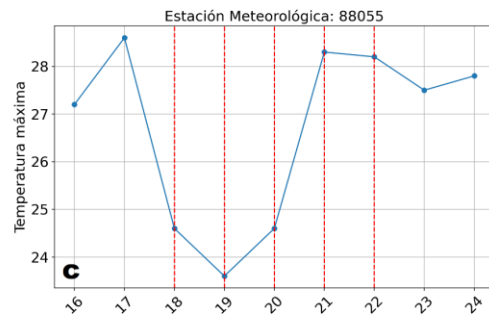
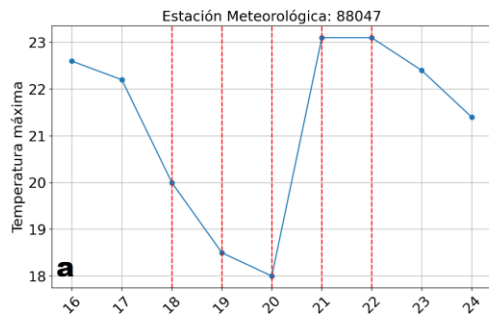




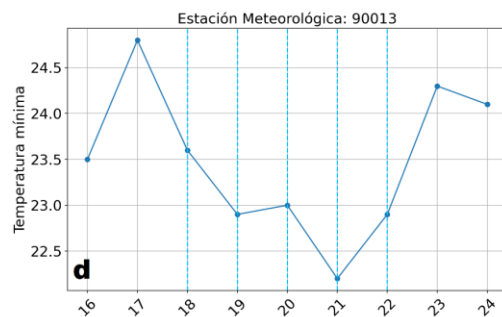
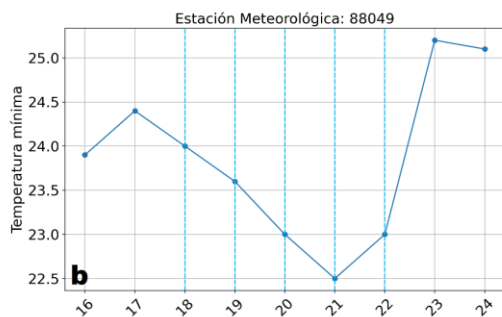
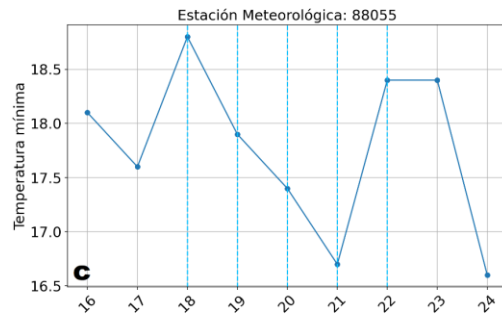
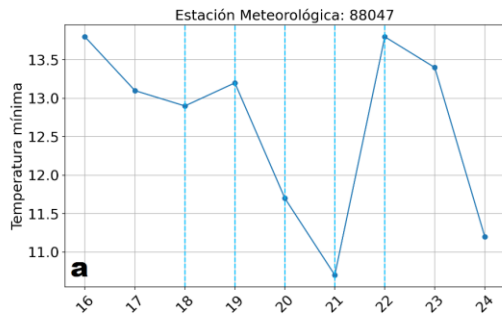
**Figura 18.** Temperaturas máximas en el Pacífico Norte. Se detalla en líneas rojas el período de influencia del empuje frío #8. a) Nicoya, b) Orotina, c) La Cruz, d) Bagaces.



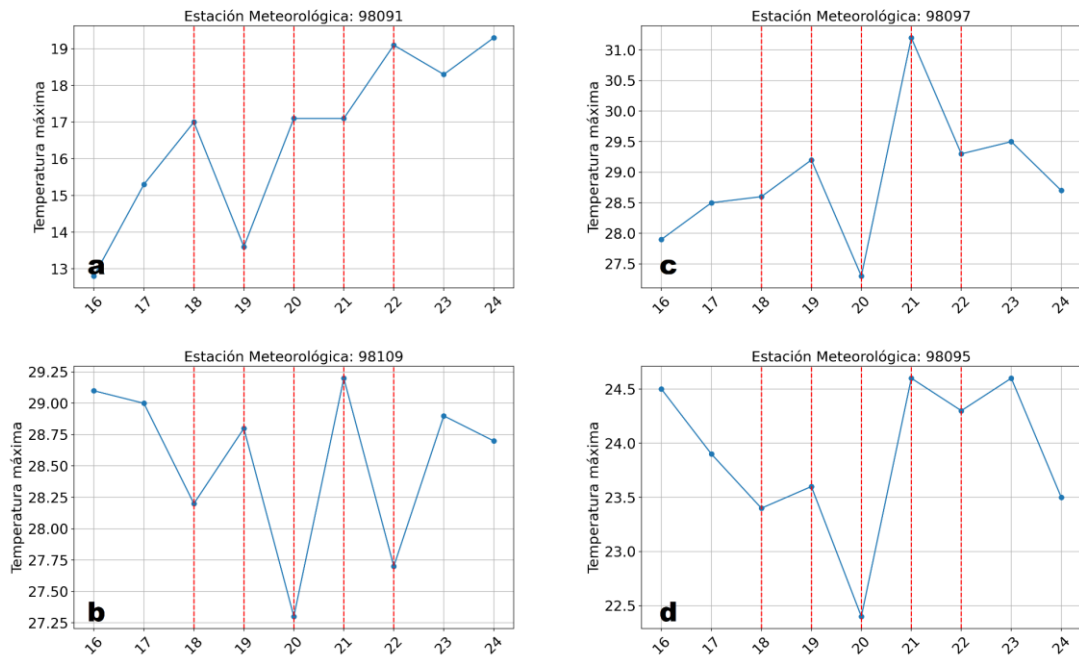
**Figura 19.** Temperaturas mínimas en el Pacífico Norte. Se detalla en líneas rojas el período de influencia del empuje frío #8. a) Nicoya, b) Orotina, c) La Cruz, d) Bagaces.



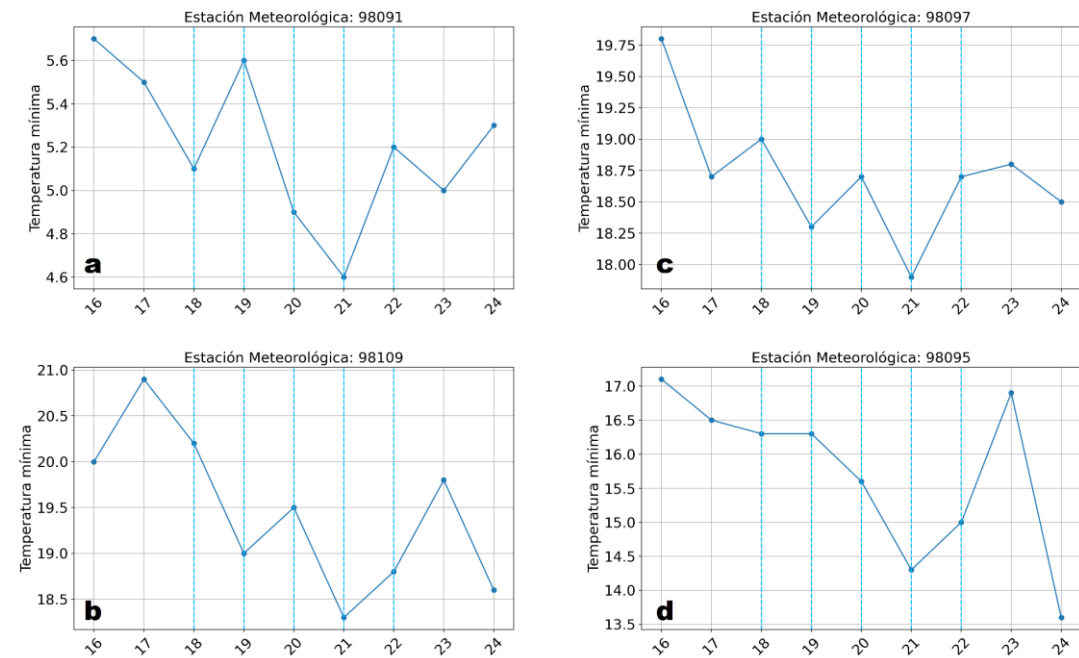
**Figura 20.** Temperaturas máximas en el Pacífico Central. Se detalla en líneas rojas el período de influencia del empuje frío #8. a) León Cortés, b) Parrita, c) Rosario, d) Quepos.



**Figura 21.** Temperaturas mínimas en el Pacífico Central. Se detalla en líneas rojas el período de influencia del empuje frío #8. a) León Cortés, b) Parrita, c) Rosario, d) Quepos.



**Figura 22.** Temperaturas máximas en el Pacífico Sur. Se detalla en líneas rojas el período de influencia del empuje frío #8. a) Chirripó, b) San Vito, c) Pérez Zeledón, d) Altamira.

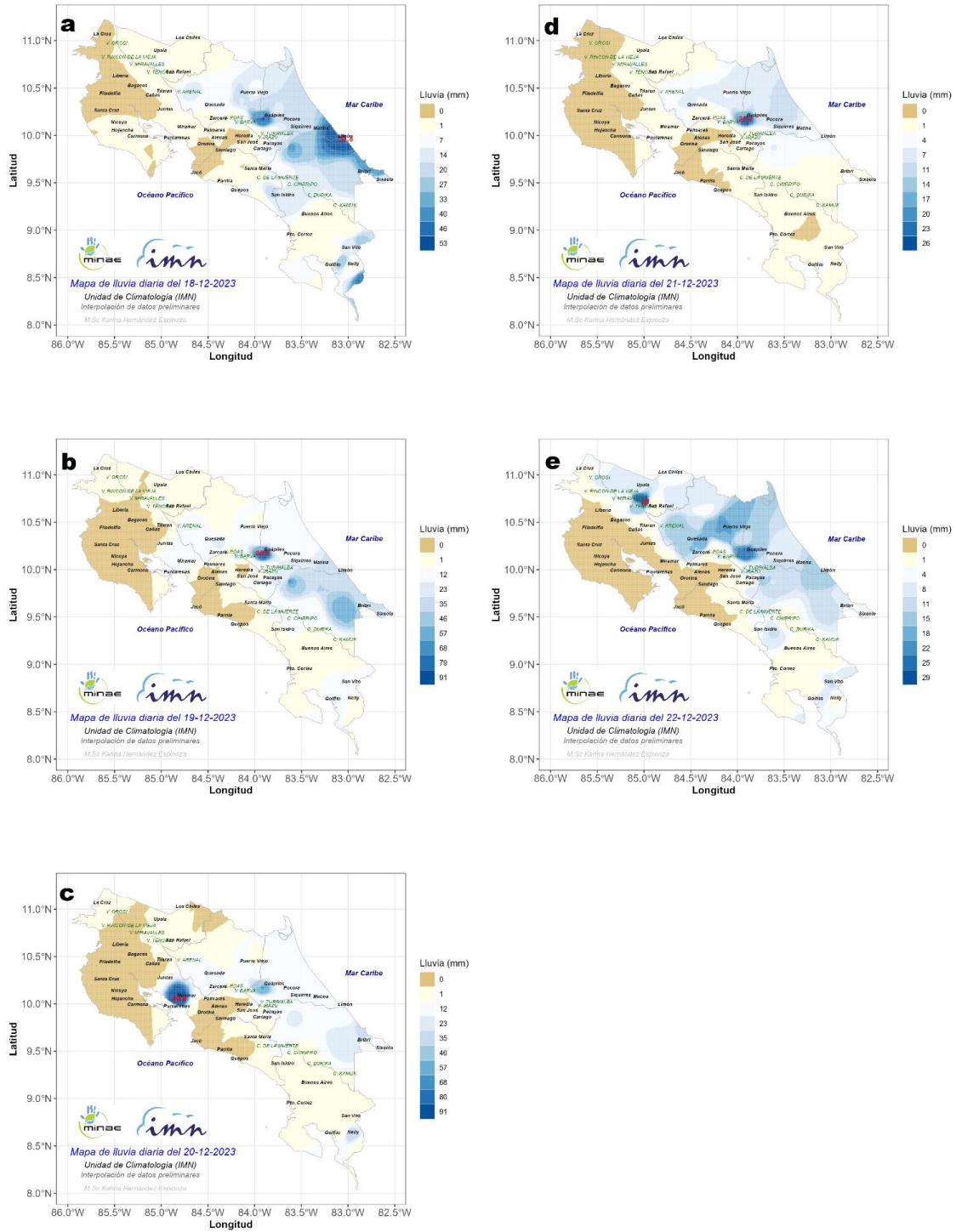


**Figura 23.** Temperaturas mínimas en el Pacífico Sur. Se detalla en líneas rojas el período de influencia del empuje frío #8. a) Chirripó, b) San Vito, c) Pérez Zeledón, d) Altamira.

## 2.7. Precipitación a nivel país



La distribución de lluvia durante los días 18 a 22 de diciembre de 2023 indican mayores acumulados presentes sobre la vertiente del Caribe de Costa Rica. En los mapas de la figura 24 se muestran los acumulados diarios de precipitación, en dónde, solamente el día 20 de diciembre de 2023 se presentó un máximo de precipitación hacia el Pacífico Norte debido a una tormenta localizada que se presentó durante ese día con un acumulado de 89.8 mm reportado en alrededores de Orotina. Durante el período de influencia del EF #8 los acumulados máximos fueron de 51.6 mm el 18 de diciembre en la costa de Limón (estación meteorológica del Aeropuerto Internacional de Limón), 89.9 mm el 19 de diciembre cerca de Guápiles al oeste del Caribe Norte, 89.8 mm el 20 de diciembre en Orotina, Miramar y Puntarenas, 25.4 mm el 21 de diciembre cerca de Guápiles al oeste del Caribe Norte y 28 mm registrado el 22 de diciembre en la Cordillera de Guanacaste parte de la Zona Norte (noroeste de la región). Esta distribución de lluvia es congruente con la influencia del empuje frío #8 ya que durante los días de influencia se presentaron lluvias mayormente distribuidas hacia el Caribe, Zona Norte y lloviznas presentes al norte y este del Valle Central.



**Figura 24.** Mapas de precipitación diaria para los días 18-22 de diciembre de 2023. a) 18 de diciembre, b) 19 de diciembre, c) 20 de diciembre, d) 21 de diciembre, e) 22 de diciembre.

### 3. Conclusiones

Entre las conclusiones más relevantes se podría mencionar que el empuje frío #8 mostró una influencia significativa en la dinámica y variabilidad atmosférica durante los días 17 a 22 de diciembre de 2023 con efectos en la distribución de la precipitación, vientos en bajo nivel, presión atmosférica a nivel del mar y temperaturas sobre Costa Rica. Las líneas de corriente en distintos niveles muestran el desplazamiento del empuje frío a lo largo del período, además de mostrar estructuras significativas del propio sistema. Los patrones de presión atmosférica y líneas de corriente son congruentes con las estructuras esperadas de acuerdo a diversas investigaciones realizadas anteriormente, el fortalecimiento de altas presiones sobre México llevaron la masa fría asociada al empuje frío hacia latitudes más bajas manteniendo amplias dorsales sobre Centroamérica y Costa Rica. Se observó la entrada del jet subtropical en altura que en conjunto con el desarrollo de dorsales en bajo nivel generaron esas altas presiones a nivel del mar. Convergencia de humedad y mayor contenido de agua precipitable se observó a lo largo de la estructura frontal generando condiciones propicias para el desarrollo de precipitación. Las ráfagas máximas y temperaturas registradas por las estaciones meteorológicas indican una influencia relevante de este sistema en el país, generando disminuciones en la temperatura y aumentando la magnitud de las ráfagas de viento especialmente en el Caribe, Zona Norte, Pacífico Norte, Valle Central y regiones montañosas del Pacífico Central. La distribución de precipitación indica una mayor influencia hacia la vertiente del Caribe de Costa Rica e influencia hacia sectores al norte y este del Valle Central.

### 4. Referencias de consulta

Chinchilla, G., Gutiérrez, J., Zárate, E. (2017). Análisis sinóptico de casos de eventos extremos de lluvia asociados a líneas de cortante de empujes fríos que han llegado a Costa Rica en el periodo invernal. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, vol 16, 5-18.

Garreaud, R. (2001). Subtropical cold surges: regional aspects and global distribution. *International Journal of Climatology*, vol 21, 1181-1197.

Schultz, D., Bracken, E., Bosart, L. (1997). Planetary- and Synoptic-Scale Signatures Associated with Central American Cold Surges. *Monthly Weather Review - American Meteorological Society*, 5-27.