

Giro centroamericano y onda tropical n.º9 generan condiciones “atemporaladas” entre 14 al 15 de junio del 2024

Paulo Solano

Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Ambiente y Energía, San José, Costa Rica

RESUMEN

Durante el período del 14 al 15 de junio de 2024, se presentaron dos sistemas productores de lluvia de importancia para la región: la onda tropical n.º9, que se desplazó sobre el país el día 14 de junio, y el desarrollo de un CAG no baroclínico que generó influencia en el país entre el 14 y 15 de junio. Estos sistemas produjeron acumulados de precipitación sobre los 100 mm diarios en varios sectores del Pacífico Norte y Pacífico Sur. Con resultado, ocurrieron inundaciones y deslizamientos asociados a los altos acumulados de precipitación, principalmente en las regiones mencionadas y en el Valle Central, debido a la saturación de alcantarillado. A continuación, se realiza un análisis de las condiciones sinópticas que generaron estas condiciones “atemporaladas” durante el período de análisis.

1. Introducción

Las condiciones del tiempo en Costa Rica son moduladas por diversos sistemas e interacciones atmosféricas. Costa Rica cuenta con un eje montañoso y costas que limitan con grandes cuerpos de agua como el mar Caribe y el océano Pacífico, lo que produce una interacción con el flujo en escala sinóptica [Romell et al \(1996\)](#). Las cordilleras constituyen un obstáculo orográfico significativo para el flujo, provocando efectos mesoescalares tanto térmicos como mecánicos, por lo que el flujo en escala sinóptica será la resultante de diversas interacciones.

Durante el período del 14 al 15 de junio de 2024, se presentaron dos sistemas que modulaban el estado del tiempo en el país: el desplazamiento de la onda tropical n.º9 (OT 9) durante el viernes 14 de junio y el desarrollo de un giro centroamericano (CAG, por sus siglas en inglés) que mantuvo influencia entre el viernes 14 y el sábado 15 de junio. Tanto un CAG como las ondas tropicales pueden generar eventos de precipitación que desencadenan incidentes como inundaciones y deslizamientos en gran parte de la región (Centroamérica y Caribe). Según [Papin et al. \(2012\)](#) un CAG es una región ciclónica amplia en baja troposfera que se forma en Centroamérica. Además, se dividen en dos categorías basadas en su estructura en alta

troposfera: no-baroclínicos que se caracterizan por un anticiclón en alta troposfera, con anomalías de precipitación y humedad alrededor de su centro; y baroclínicos que son menos comunes y muestran una vaguada en niveles superiores de la troposfera con una distribución asimétrica de la precipitación y la humedad (se presentan de manera más significativa hacia el oeste del mar Caribe).

Según [Férrandez y Barrantes \(1996\)](#), un temporal Centroamérica se presenta debido a perturbaciones tropicales que generan precipitaciones por un período mayor a 24 horas, usualmente entre 2 a 4 días, afectando tanto el terreno en tierra como las regiones oceánicas del Pacífico y/o mar Caribe. A menudo, son acompañados por vientos fuertes y normalmente por poca actividad eléctrica. Por otro lado, [Férrandez y Barrantes \(1996\)](#) plantean las condiciones “*atemporaladas*” o “*estado del tiempo de temporal*” como forzantes dinámicas similares pero, con un tiempo de duración de alrededor de un día, según la definición dada por [Lessmann \(1964\)](#).

Entre el 14 y el 15 de junio del 2024, se presentaron condiciones lluviosas en gran parte del país, sin embargo, como se mostrará más adelante, la duración de las condiciones lluviosas no fue suficientemente prolongada para ser considerada un temporal. En este análisis, se determinan los factores sinópticos principales que, en gran medida, fueron los precursores del evento. Para esto se evaluará la dinámica atmosférica a partir de las líneas de corriente del modelo WRF-1, imágenes satelitales del vapor de agua (WV, por sus siglas en inglés) con barbas de viento en varios niveles de presión, cortante vertical del viento (850 hPa a 250 hPa), anomalías de viento en baja y alta troposfera, fase de la oscilación Madden-Julian (MJO), contenido de agua precipitable, vorticidad en 850 hPa, estimación de la precipitación por medio de satélite ([IMERG-NASA](#), <https://gpm.nasa.gov/data/imergr>), imágenes satelitales del visible (producto true color), mapas de isoyetas y acumulados de precipitación.

2. Análisis del flujo atmosférico

Las líneas de corriente en 250 hPa (figura 1) muestran una estructura anticiclónica al norte del mar Caribe para las 12:00 UTC del 14 de junio. Posteriormente, el 15 de junio, la estructura anticiclónica abarca mayor cobertura espacial. Además, se observa una vaguada cuyo eje inicia sobre el golfo de México el 14 de junio y tiende a colocarse sobre el norte de Centroamérica y península de Yucatán para el 15 de junio.

Las líneas de corriente en 500 hPa (figura 2) muestran una vaguada cuya eje se extiende sobre la costa del Pacífico de Centroamérica para el 14 de junio. Posteriormente, el 15 de junio se presenta una circulación ciclónica en gran escala compuesta de circulaciones ciclónicas más pequeñas.

Las líneas de corriente en 925 hPa (figura 3) muestran una circulación ciclónica en gran escala compuesta de circulaciones ciclónicas más pequeñas sobre gran parte de Centroamérica, esto para ambos días de análisis. Además, se muestra un flujo de viento del oeste-suroeste hacia la vertiente del Pacífico de Costa Rica.

En las figuras 4 y 6 se muestran las imágenes satelitales del vapor de agua (WV, por sus siglas en inglés) con barbas de viento en niveles altos y medios de la atmósfera para los días 14 y 15 de junio, respectivamente. En la figura 4, se observan condiciones similares en los niveles de 100 hPa a 350 hPa a las generadas por las líneas de corriente en niveles superiores (figura 1). En la figura 4a, para las 6:00 UTC del 14 de junio, se observa una dorsal hacia Centroamérica; a partir de las 18:00 UTC del 14 de junio se observa una circulación anticiclónica en altura. En la figura 6, para las 6:00 UTC y 18:00 UTC del 15 de junio, el anticiclón permanece sobre parte de Centroamérica y norte/oeste del mar Caribe.

En las figuras 5 y 7 se muestran las imágenes satelitales de WV y barbas de viento en niveles bajos y medios de la atmósfera para los días 14 y 15 de junio, respectivamente. En ambas figuras, se puede observar poco sobre las barbas de viento, principalmente vientos con una componente noroeste presente sobre el mar Caribe.

En las figuras 4, 5, 6 y 7 se observa condiciones nubladas sobre gran parte del territorio nacional y parte de Centroamérica, que se incrementaron para entre el 14 al 15 de junio.

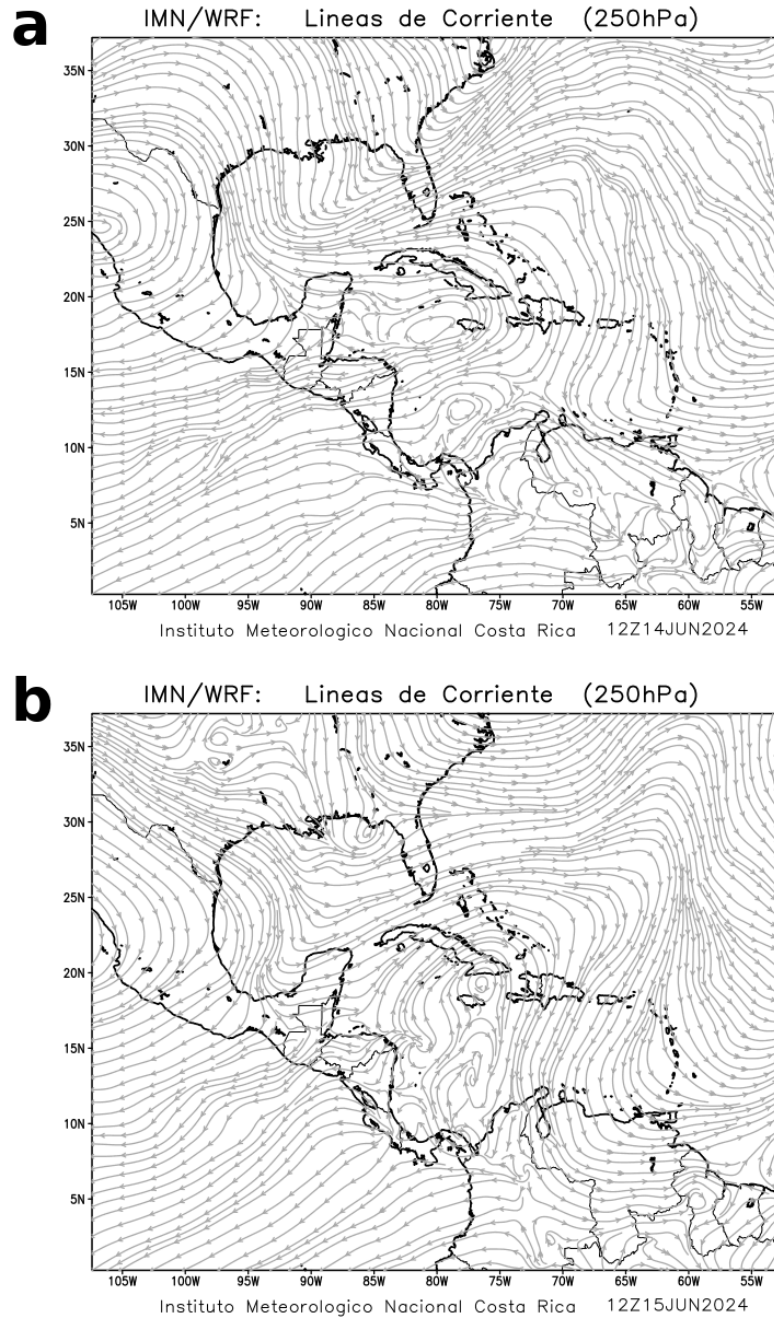


Fig. 1. Líneas de corriente en 250 hPa (promedio de 6 horas) para (a) 12:00 UTC del 14 de junio de 2024 y (b) 12:00 UTC del 15 de junio de 2024.

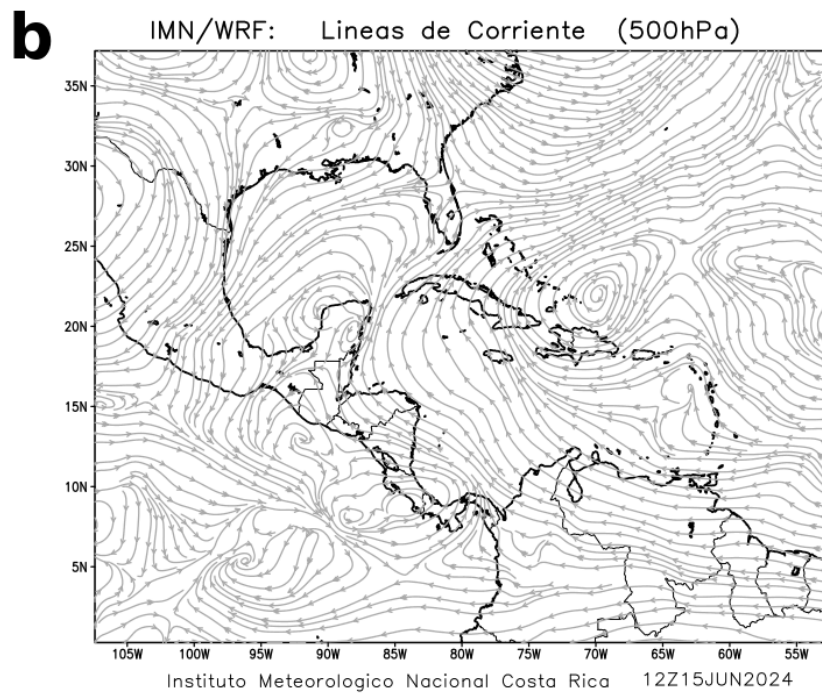
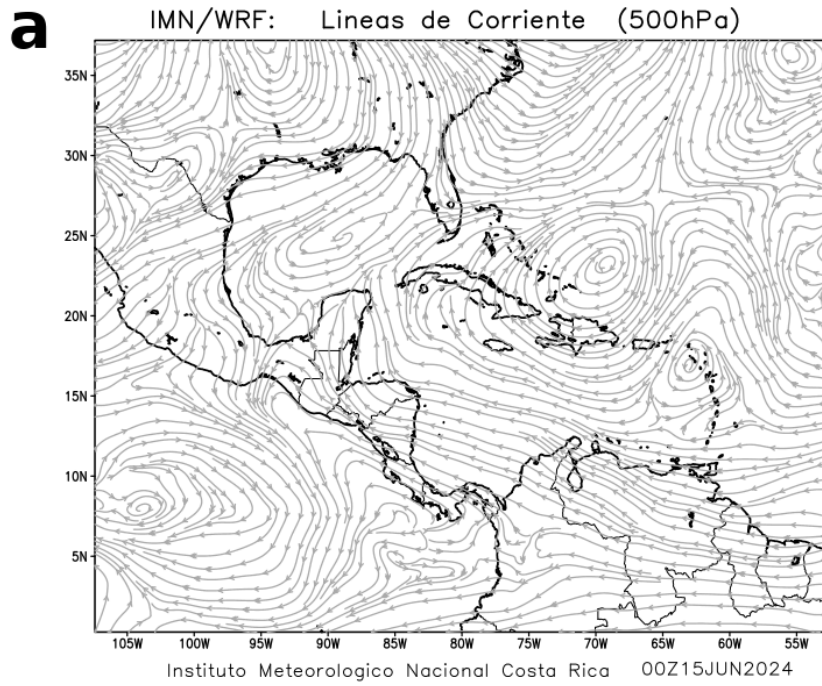


Fig. 2. Líneas de corriente en 500 hPa (promedio de 6 horas) para (a) 12:00 UTC del 14 de junio de 2024 y (b) 12:00 UTC del 15 de junio de 2024.

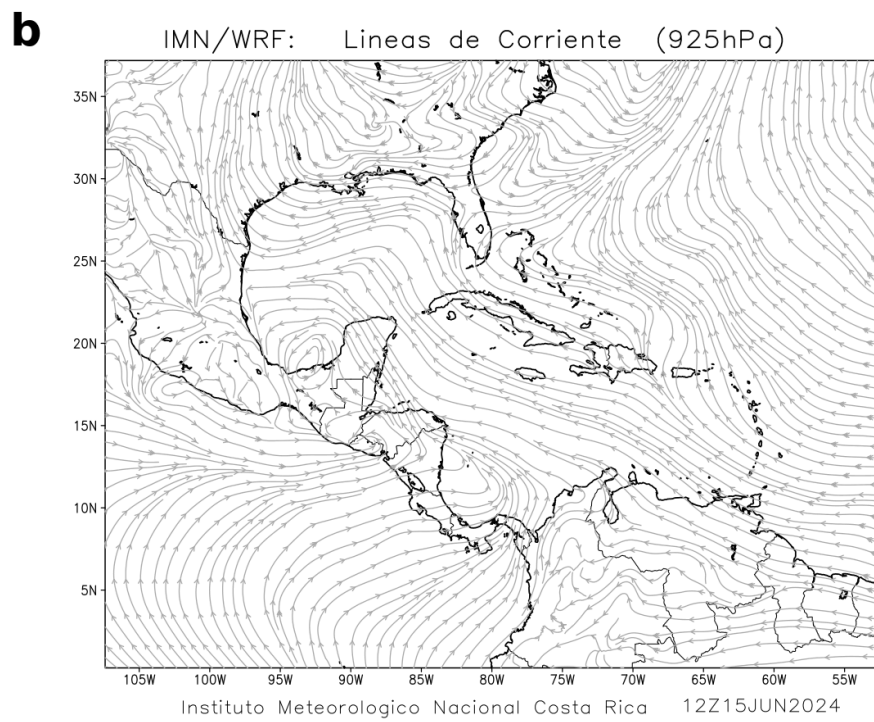
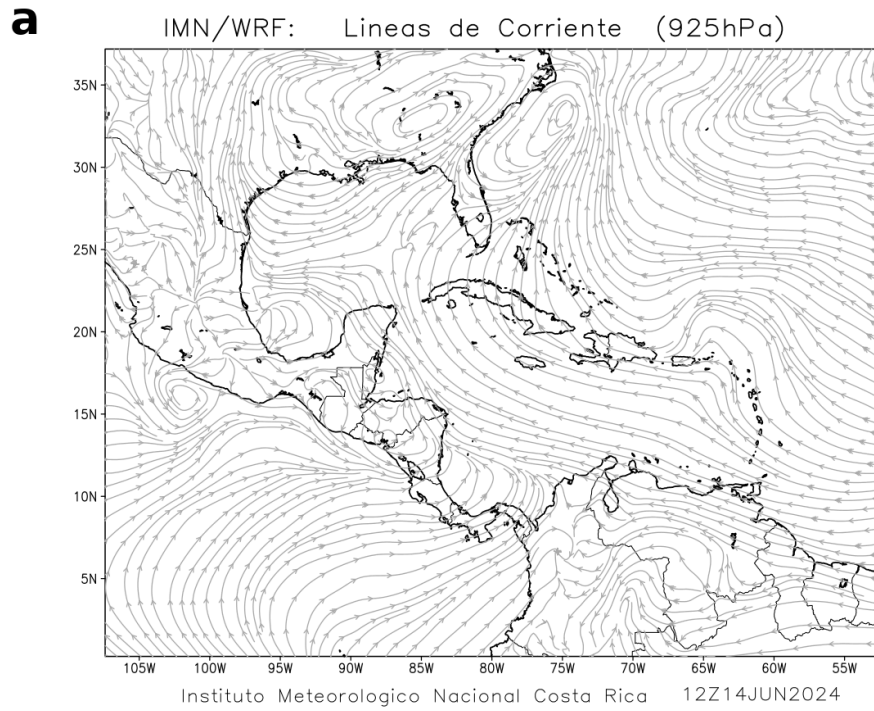


Fig. 3. Líneas de corriente en 925 hPa (promedio de 6 horas) para (a) 12:00 UTC del 14 de junio de 2024 y (b) 12:00 UTC del 15 de junio de 2024.

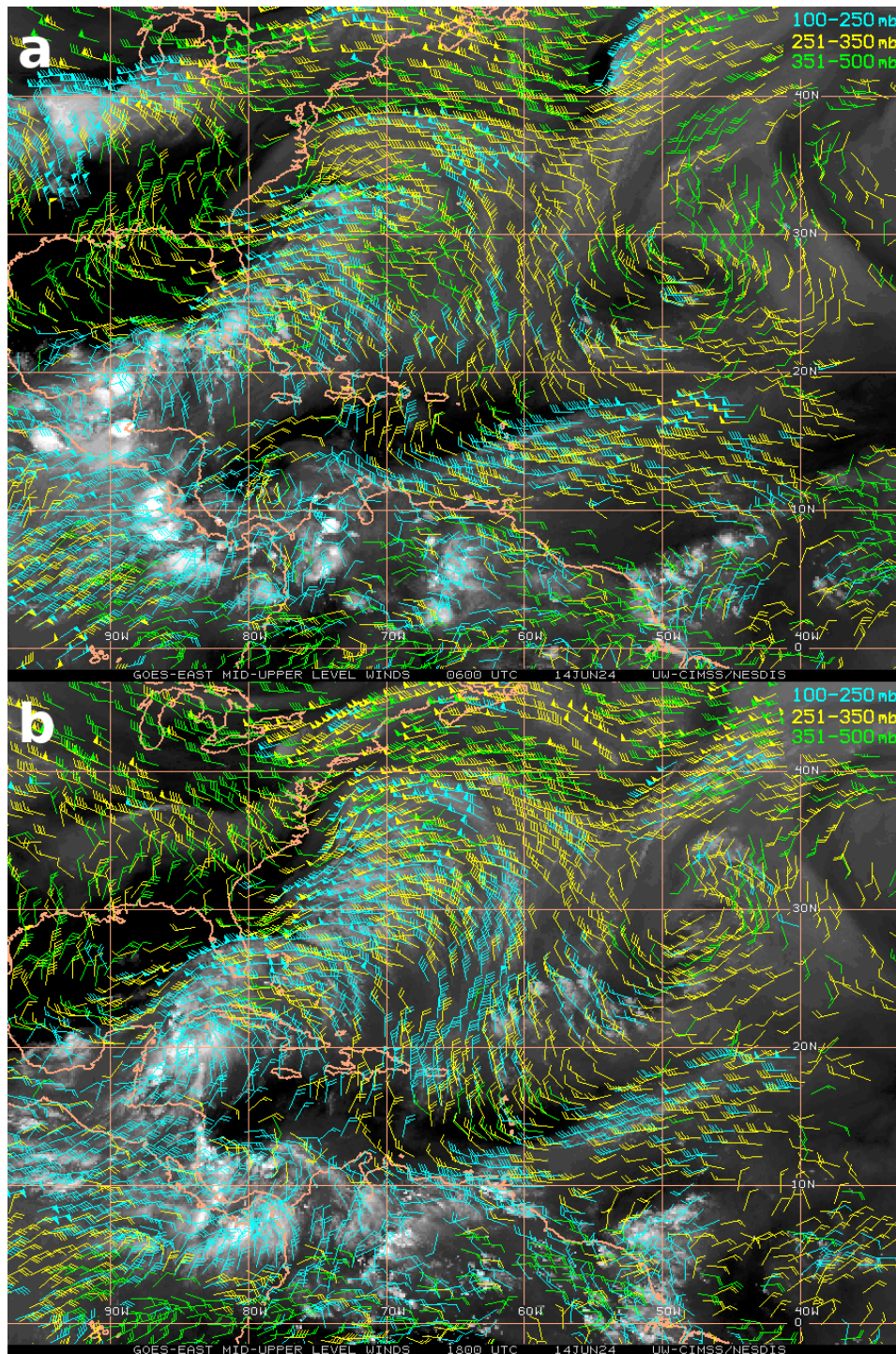


Fig. 4. Imagen satelital vapor de agua y barbas de viento en niveles medios y altos para: (a) 6:00 UTC del 14 de junio de 2024 y (b) 18:00 UTC del 14 de junio de 2024.

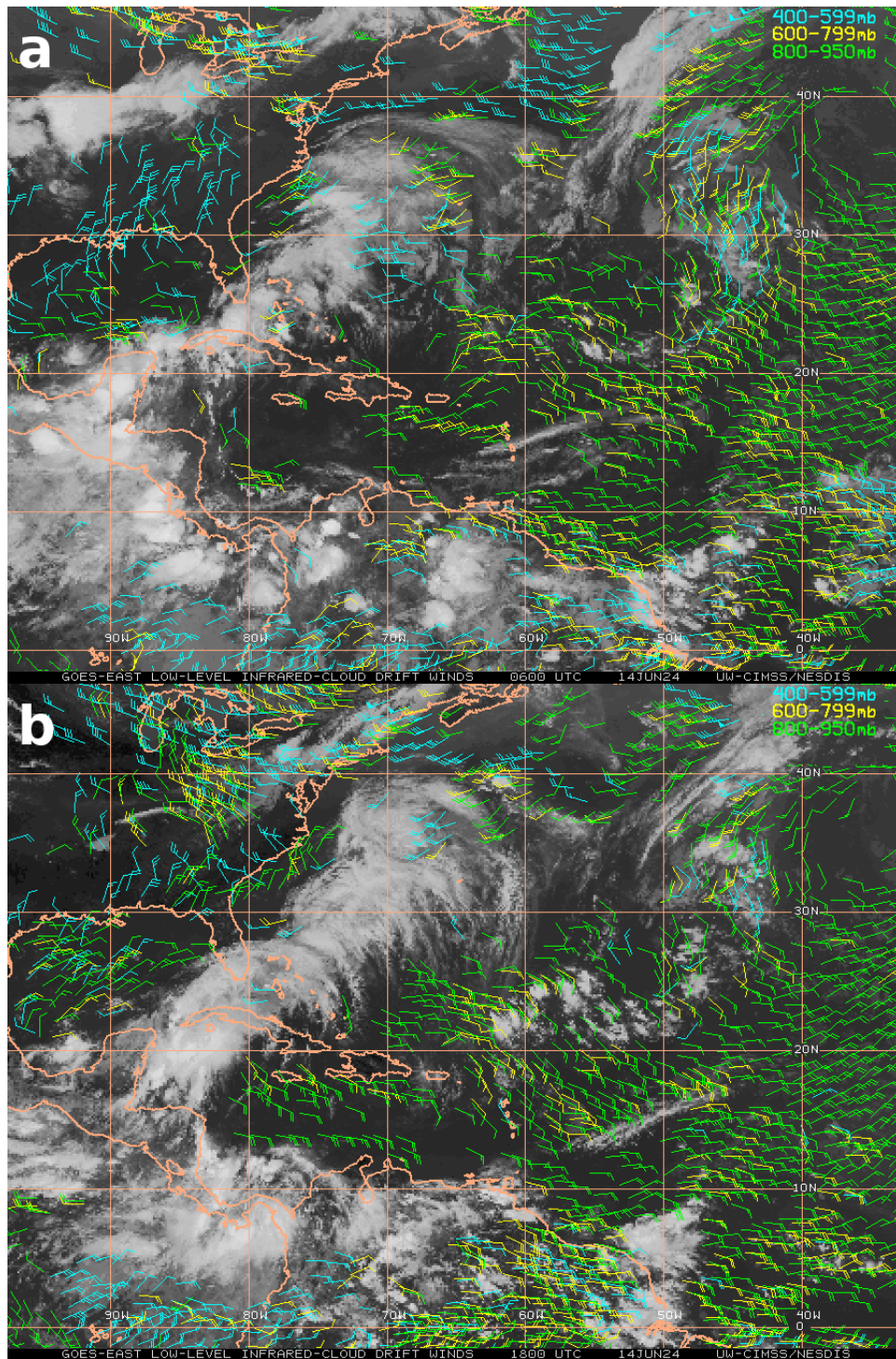


Fig. 5. Imagen satelital vapor de agua y barbas de viento en niveles medios y bajos para: (a) 6:00 UTC del 14 de junio de 2024 y (b) 18:00 UTC del 14 de junio de 2024.

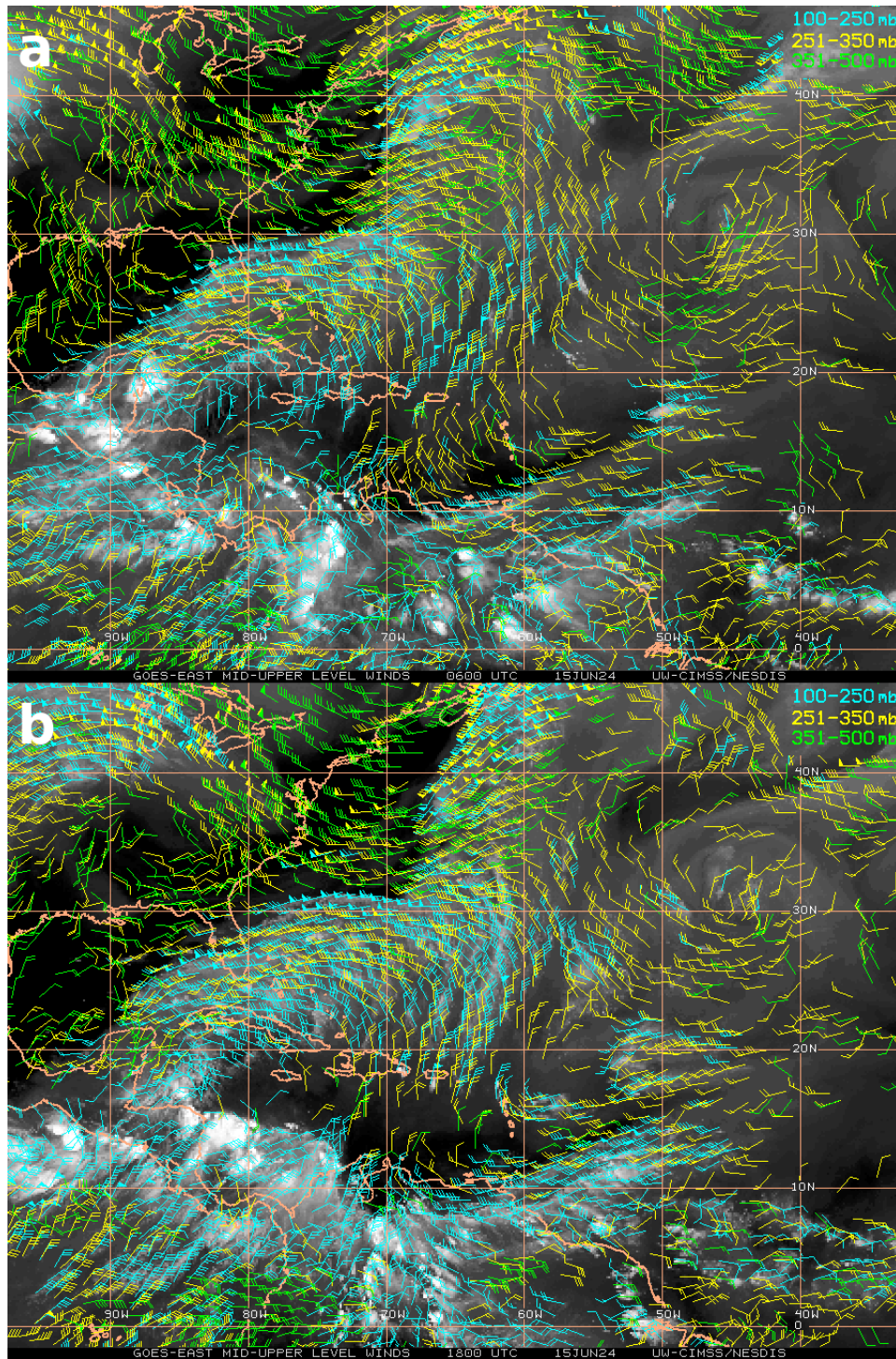


Fig. 6. Imagen satelital vapor de agua y barbas de viento en niveles medios y altos para: (a) 6:00 UTC del 15 de junio de 2024 y (b) 18:00 UTC del 15 de junio de 2024.

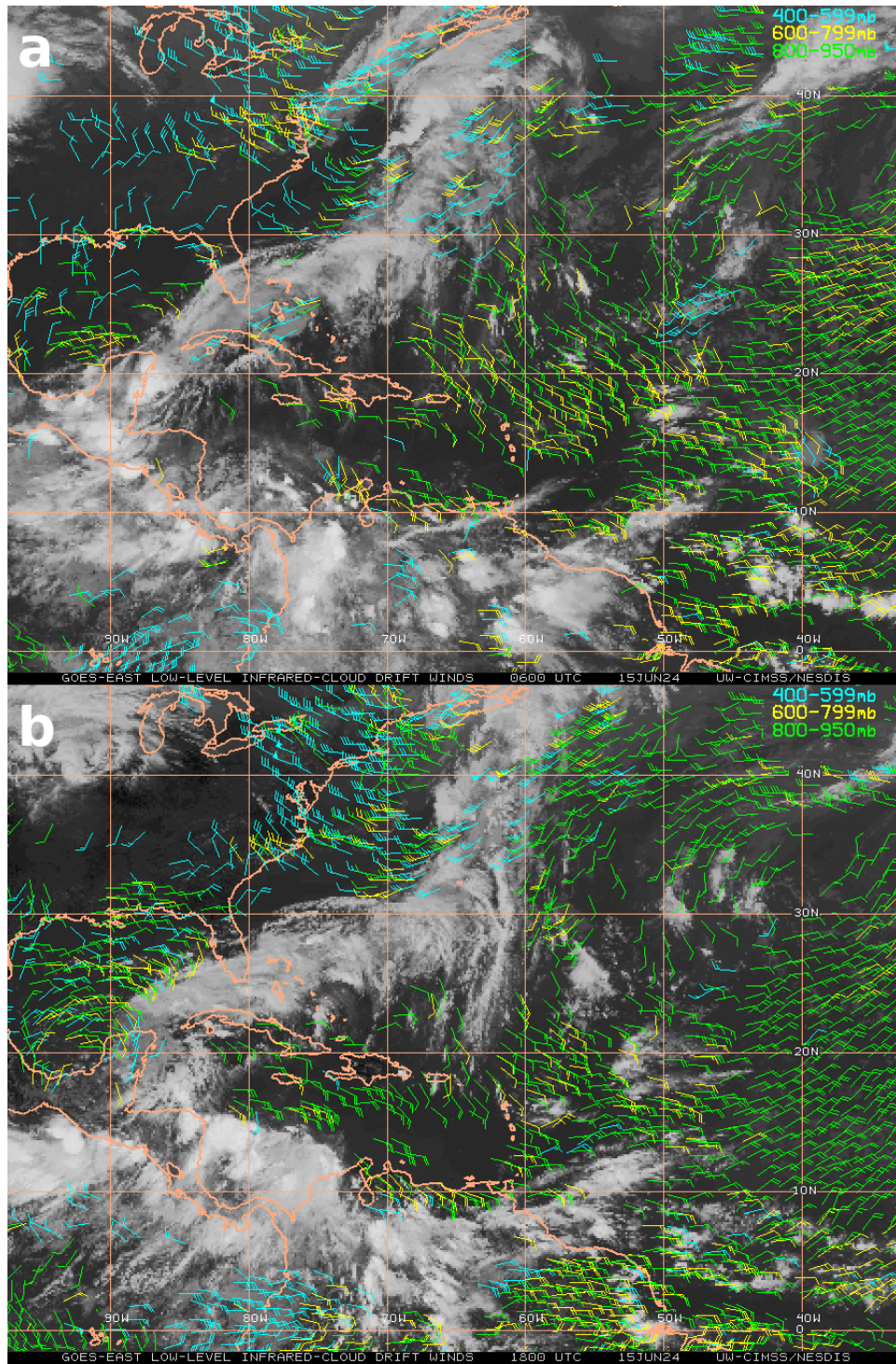


Fig. 7. Imagen satelital vapor de agua y barbas de viento en niveles medios y bajos para: (a) 6:00 UTC del 15 de junio de 2024 y (b) 18:00 UTC del 15 de junio de 2024.

3. CAG

En las figuras 9 y 10 se muestra la estructura anticiclónica de la cortante entre niveles de 850 hPa y 200 hPa. Según [Papin et al. \(2017\)](#), este tipo de estructura es indicativa de un núcleo cálido y ciclónico, donde la estructura ciclónica en niveles de baja troposfera transiciona a una estructura anticiclónica en niveles altos de la troposfera. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, un CAG no-baroclínico es más común, y este fue el caso presente durante el análisis (tomando en cuenta sólo el período de influencia sobre Costa Rica).

La fase MJO fue la fase 8 (figura 8). Esta fase suele ser un apoyo para el desarrollo de vientos del oeste más significativos, debido a la reducción en los vientos alisios, aportando dinámicamente un forzante adicional para el desarrollo del CAG.

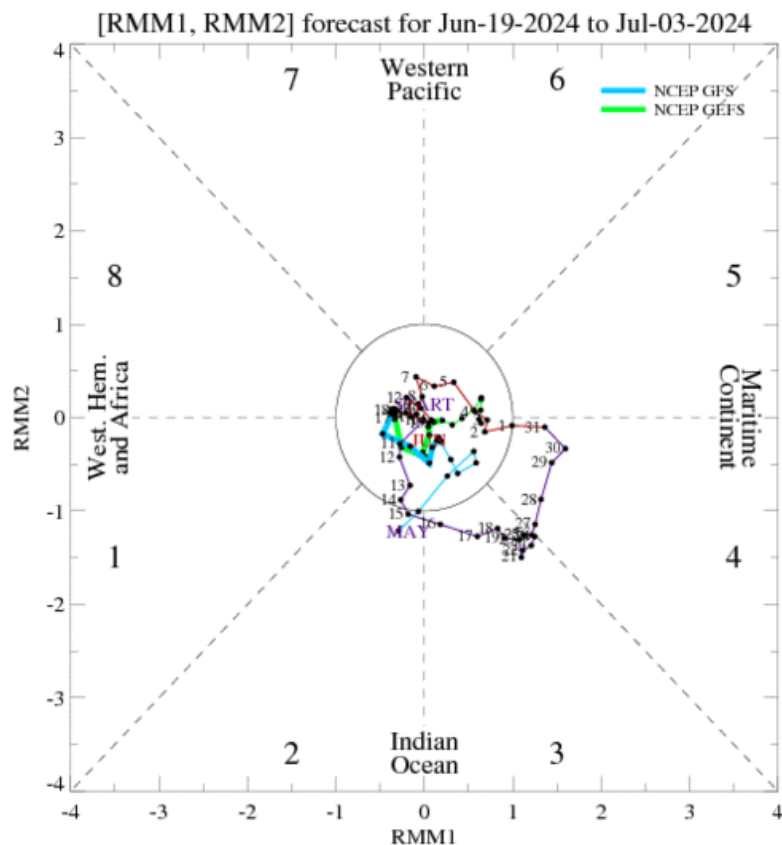


Fig. 8. Diagrama Wheeler-Hendon fases de la oscilación Madden-Julian. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

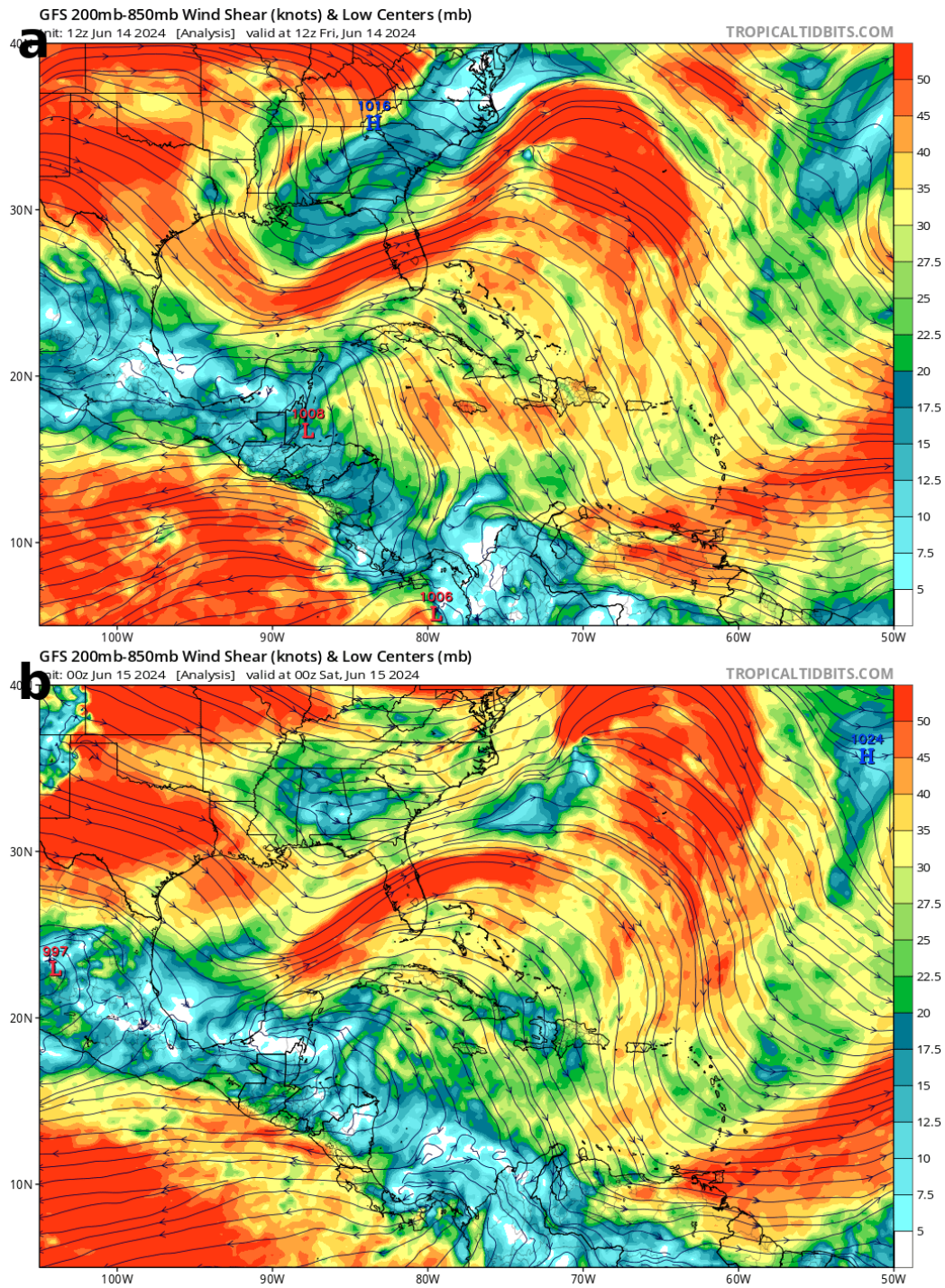


Fig. 9. Cortante de viento entre 850-250 mb en base al modelo GFS (analysis) para: (a) 12:00 UTC del 14 de junio de 2024 y (b) 00:00 UTC del 15 de junio de 2024. Fuente: Tropical Tidbits.

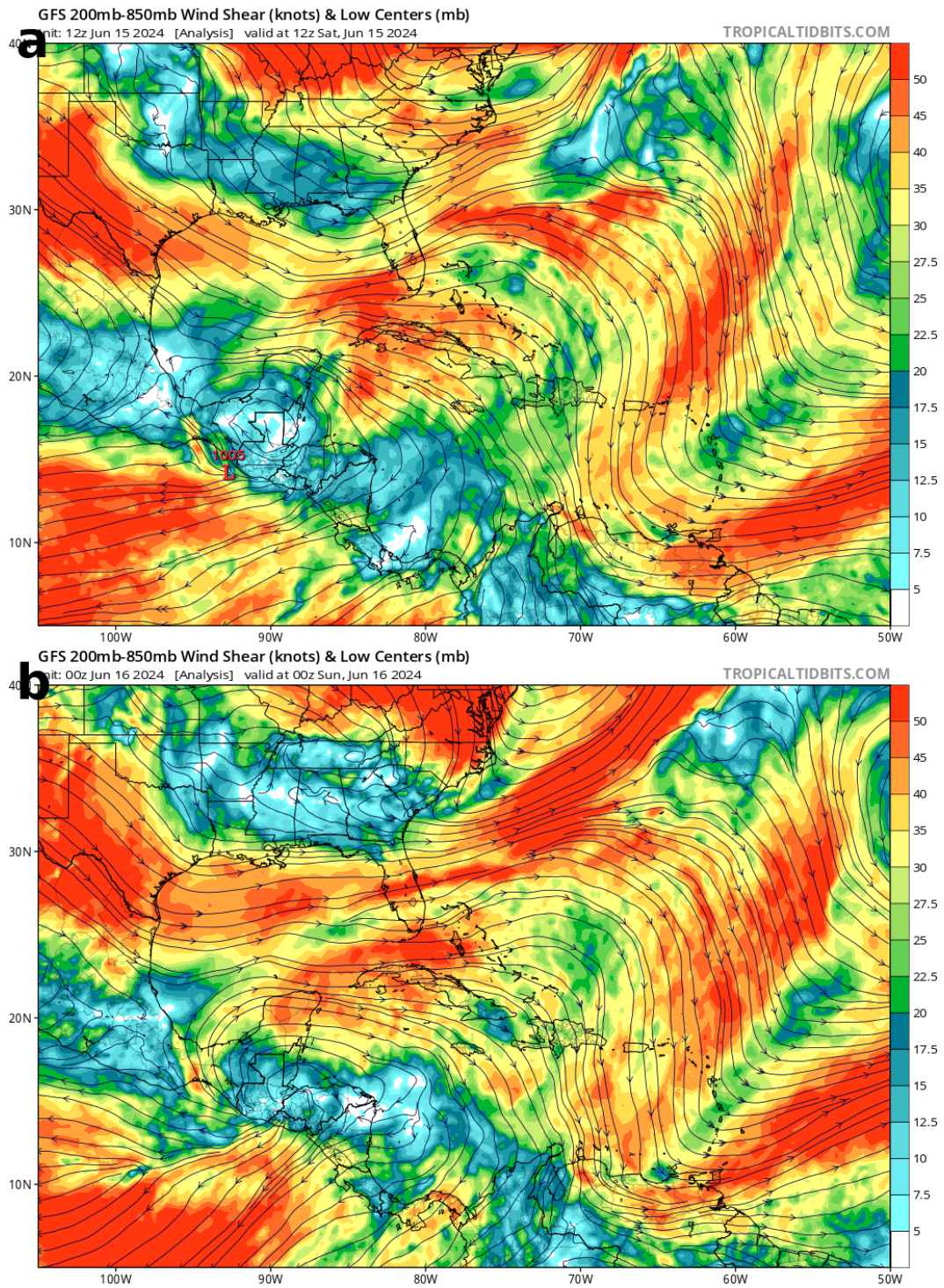


Fig. 10. Cortante de viento entre 850-250 mb en base al modelo GFS (analysis) para: (a) 12:00 UTC del 15 de junio de 2024 y (b) 00:00 UTC del 16 de junio de 2024. Fuente: Tropical Tidbits.

4. OT 9

La OT 9 ingresa al territorio nacional el 14 de junio de 2024. Al analizar las figuras 11, 12 y 13, se puede observar un pulso de vorticidad que inicia cerca de 72 °O a las 6:00 UTC del 13 de junio (figura 11) y se desplaza hacia el oeste hasta ingresar al territorio nacional el 14 de junio (figura 12b), en donde se muestra un máximo de vorticidad al sur del territorio nacional. Posteriormente en la figura 13, se muestra cómo la vorticidad asociada al sistema es captada por el propio flujo del CAG. El contenido de agua precipitable (PWAT, por sus siglas en inglés) se muestra en la figura 14. De manera general, el PWAT se mantiene alto, sobre los 60 mm, en Centroamérica y litorales adyacentes.

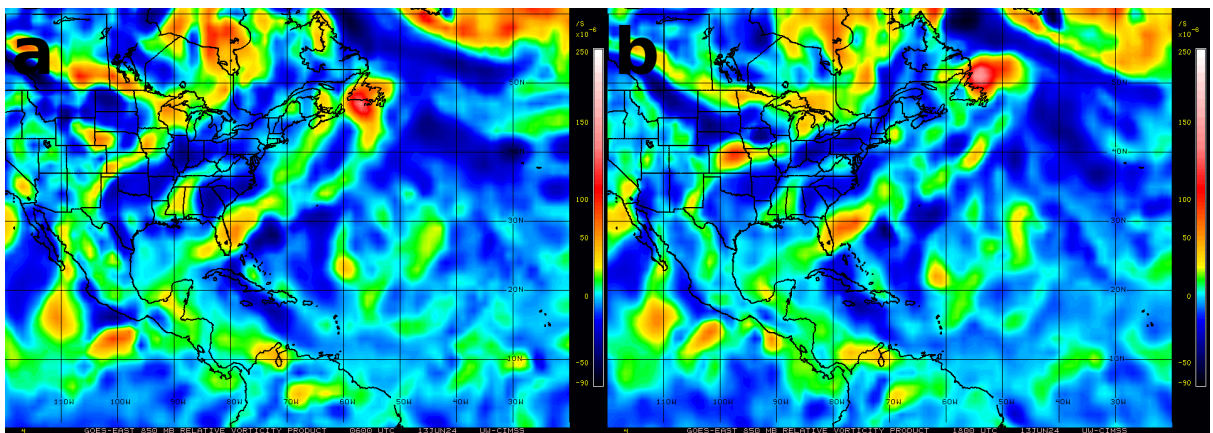


Fig. 11. Vorticidad para el nivel de 850 hPa para: (a) 13 de junio de 2024 a las 6:00 UTC y (b) 13 de junio de 2024 a las 18:00 UTC. Fuente: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS).

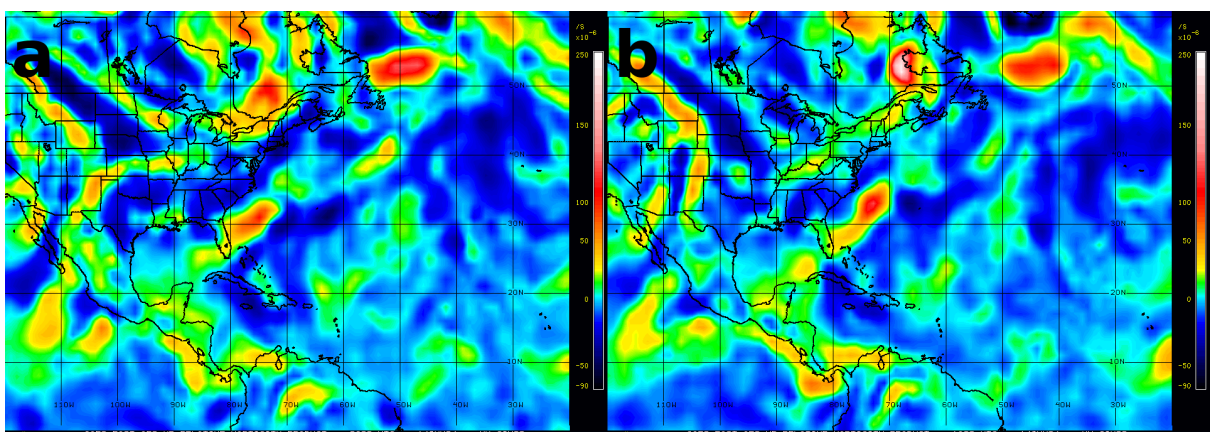


Fig. 12. Vorticidad para el nivel de 850 hPa para: (a) 14 de junio de 2024 a las 6:00 UTC y (b) 14 de junio de 2024 a las 18:00 UTC. Fuente: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS).

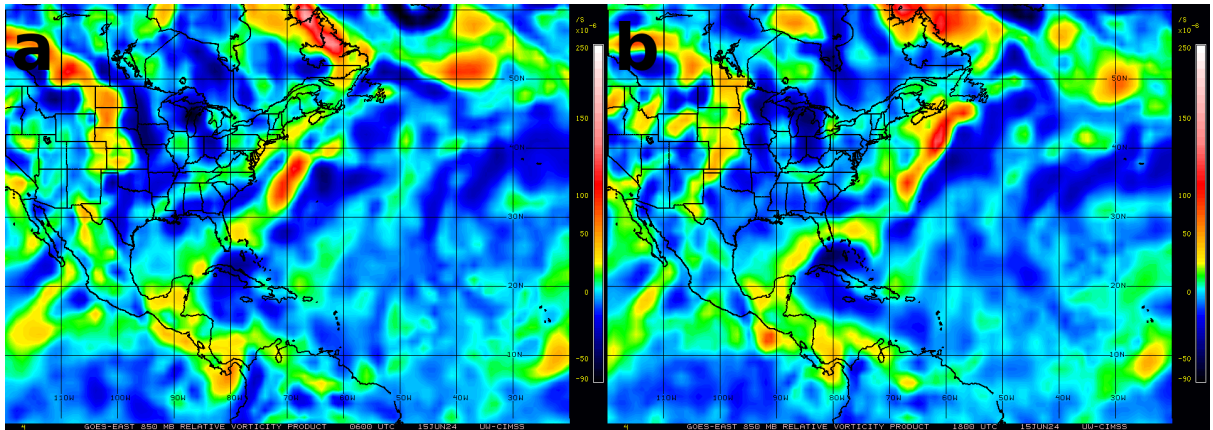


Fig. 13. Vorticidad para el nivel de 850 hPa para: (a) 15 de junio de 2024 a las 6:00 UTC y (b) 15 de junio de 2024 a las 18:00 UTC. Fuente: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS).

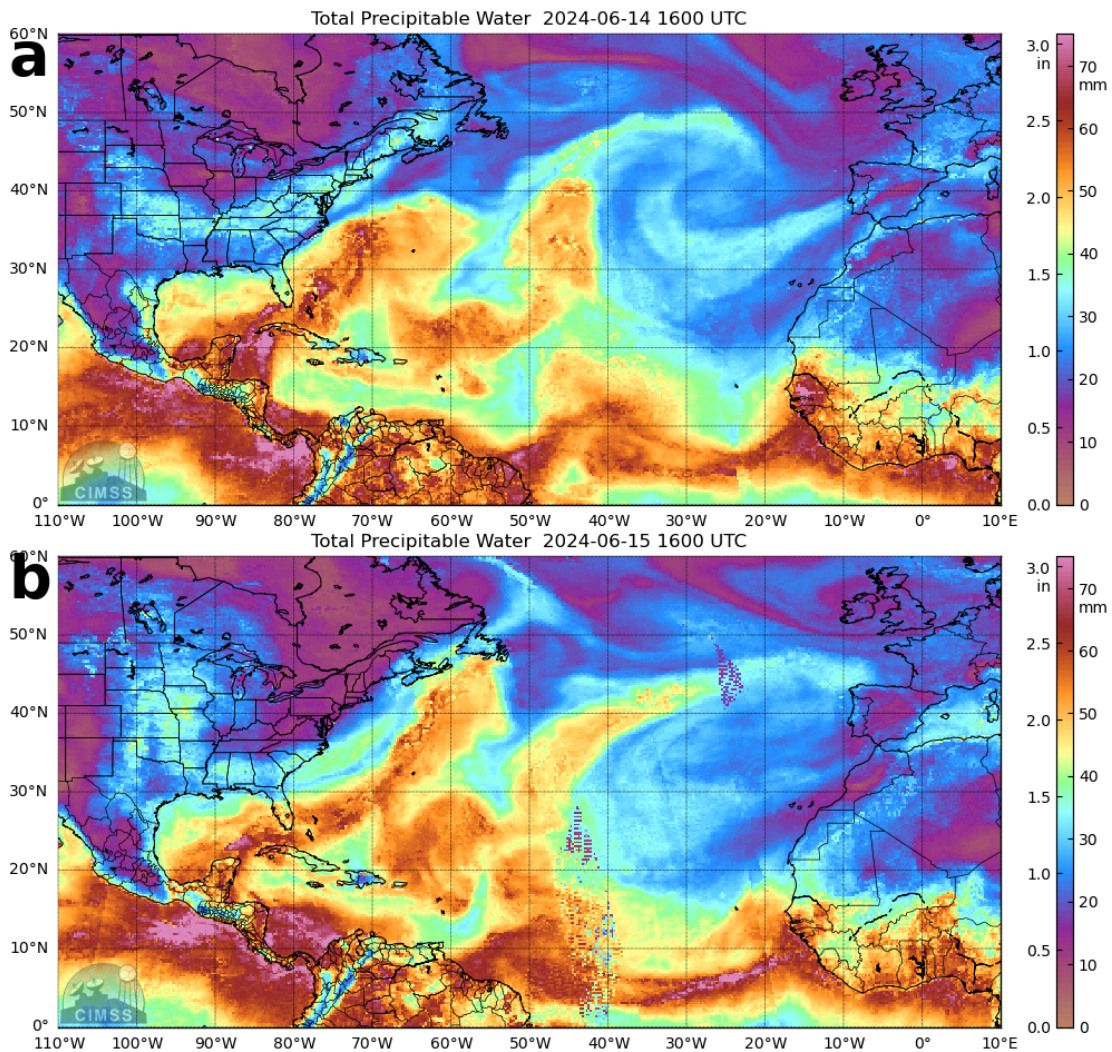


Fig. 14. Contenido de agua precipitable (PWAT) para: (a) 14 de junio de 2024 a las 16:00 UTC y (b) 15 de junio de 2024 a las 16:00 UTC. Fuente: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS).

5. Análisis de la precipitación e imágenes satelitales

La figura 15 muestra el comportamiento de la nubosidad sobre el territorio nacional para el 14 de junio de 2024 a las 18:00 UTC (figura 15a) y 15 de junio de 2024 a las 18:00 UTC (figura 15b). En estas imágenes satelitales resalta la nubosidad presente sobre gran parte del país, siendo más evidente hacia la vertiente del Pacífico. Se debe tomar en cuenta que alrededor de las 18:00 UTC se presenta el pico de radiación solar, por lo que la nubosidad tiende a dispersarse; sin embargo, las condiciones nubladas persisten. Otra observación importante es que a esta hora no se observaron desarrollos importantes de convección sobre tierra, indicativo que la mayoría de nubosidad era estratiforme.

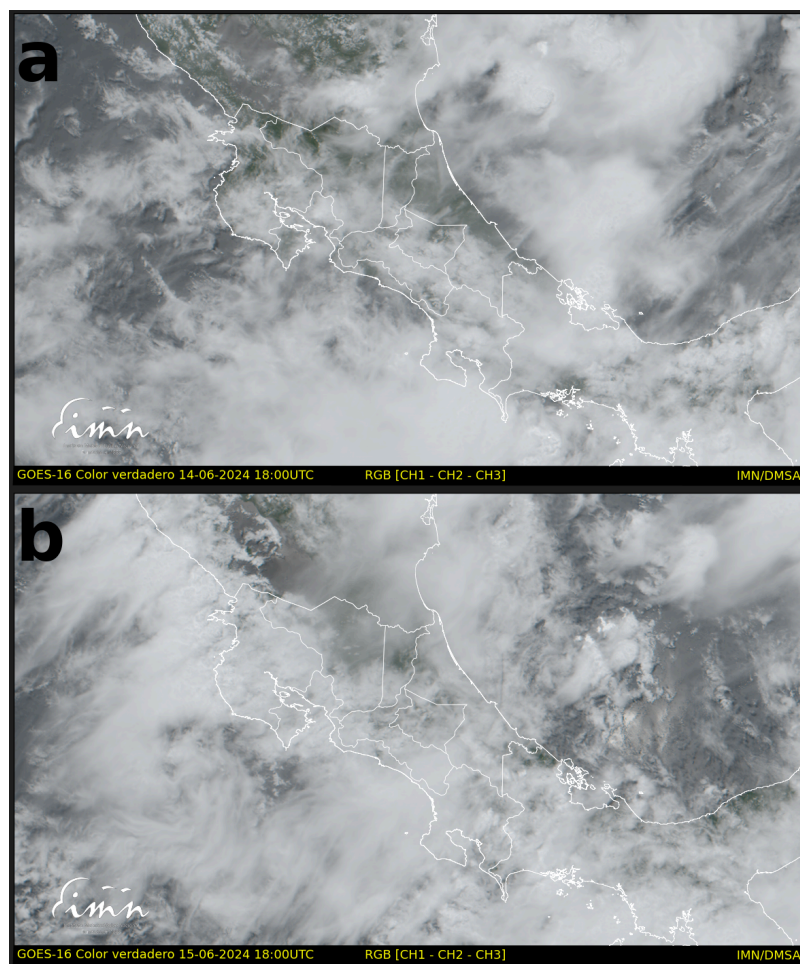


Fig. 15. Imágenes satelitales, producto color verdadero para: (a) 14 de junio de 2024 18:00 UTC y (b) 15 de junio de 2024 18:00 UTC.

Se realiza una estimación de la precipitación para el período de análisis utilizando IMERG, el cual es un producto de nivel 3 de la misión *Global Precipitation Measurement* (GPM) que integra múltiples observaciones satelitales y datos de pluviómetros en superficie. Según [Li et al. 2023](#), IMERG puede mostrar deficiencias o habilidades dependiendo del tipo de lluvia y de la región de análisis. En ocasiones, sobreestima la ocurrencia de lluvia ligera a moderada y sobreestima eventos de intensidades superiores. En la figura 16 se muestra el resultado de la precipitación estimada por IMERG. Resaltando que durante el 14 de junio se presentaron lluvias más intensas sobre sectores marítimos en comparación al 15 de junio; sin embargo, el 15 de junio la precipitación más intensa se presentó más cercana a tierra. Este producto muestra acumulados sobre tierra con máximos cercanos a 100 mm, especialmente cerca de la costa del Pacífico Norte. El resto de regiones presentan acumulados desde 1 mm hasta 70 mm.

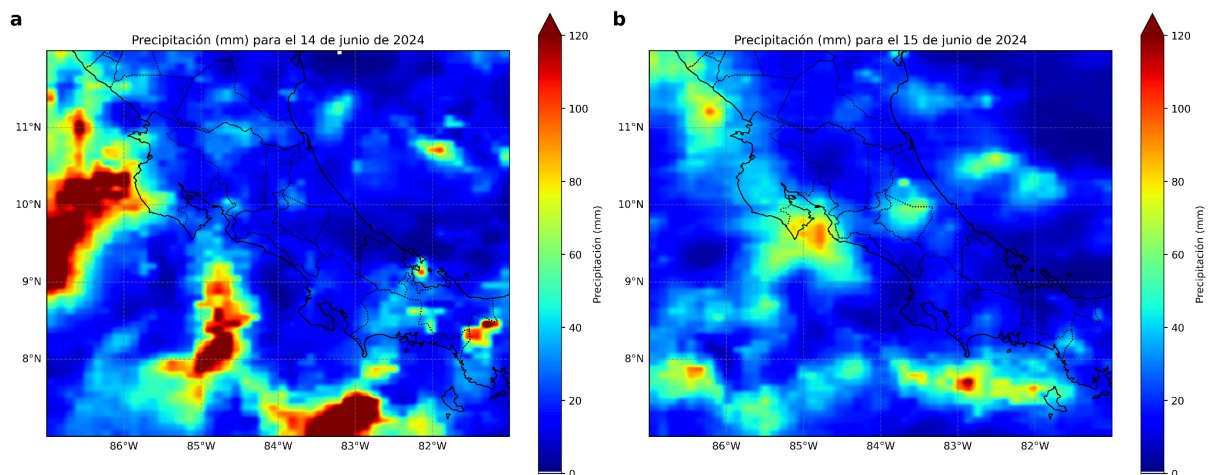


Fig. 16. Precipitación acumulada diaria estimada por satélite basado en los datos IMERG-NASA: (a) 14 de junio de 2024 y (b) 15 de junio de 2024.

La figura 17 muestra los 20 acumulados de precipitación más relevantes para el 14 de junio. La precipitación más relevante se concentra en 3 regiones: Pacífico Norte y Pacífico Sur, con 3 estaciones meteorológicas (EMAs) sobre los 100 mm, y Caribe Sur, con 2 EMAs registrando más de 70 mm. Solamente se presentaron dos EMAs de Zona Norte y no se muestran EMAs para las demás regiones, por lo que los acumulados en demás sectores fueron menos relevantes. La figura 18 muestra los 20 acumulados de precipitación más relevantes para el 15 de junio. La precipitación más relevante se concentra en 2 regiones: Pacífico Norte y Pacífico Sur, con una estación sobre los 100 mm. Las EMAs de esta figura muestran que los 20 acumulados más importantes se presentaron en el Pacífico Norte, Pacífico Sur, Valle Central y Caribe Norte.

Nombre	Operada	Región	Precipitación (mm)
FUNDACION NEOTROPICA EN RINCON DE OSA	IMN	Pacífico Sur	189.0
AEROP. INTERNACIONAL DANIEL ODUBER Q. LIBERIA ESTE 25	IMN	Pacífico Norte	160.2
AEROP. INTERNACIONAL DANIEL ODUBER Q. LIBERIA OESTE 07	IMN	Pacífico Norte	155.2
PALO ALTO. MONTEZUMA	IMN	Pacífico Norte	108.0
ALTAMIRA	IMN	Pacífico Sur	102.0
FINCA EL PATIO. PUERTO JIMENEZ	IMN	Pacífico Sur	100.6
SEPECUE	IMN	Caribe Sur	76.5
GAVILAN CANTA	IMN	Caribe Sur	76.4
SANTA ROSA. CC	IMN	Pacífico Norte	71.63
RESERVA BIOLOGICA GREG GUND	IMN	Pacífico Sur	68.4
LA CRUZ. GUANACASTE	IMN	Pacífico Norte	67.4
SAN MATEO	IMN	Pacífico Norte	66.4
ASADA ARTOLA SARDINAL	IMN	Pacífico Norte	62.0
HIToy CERERE	IMN	Caribe Sur	59.0
MARAVILLA. JUAN VIÑAS	IMN	Caribe Sur	55.6
AEROP. INTER. LIMON. RESPALDO	IMN	Caribe Sur	51.4
AEROP. INTERNACIONAL LIMON	IMN	Caribe Sur	48.4
LA REBUSCA	IMN	Zona Norte	47.2
COMANDO PUERTO VIEJO SARAPIQUI	IMN	Zona Norte	44.8
CHIRRIPO	IMN	Pacífico Sur	44.8

Fig. 17. Precipitación acumulada diaria para el 14 de junio de 2024.

Nombre	Operada	Región	Precipitación (mm)
SITIO ARQUEOLOGICO LAS ESFERAS	IMN	Pacífico Sur	171.2
SAN JOSE. PINILLA	IMN	Pacífico Norte	113.0
RESERVA BIOLÓGICA GREG GUND	IMN	Pacífico Sur	87.7
LA CRUZ. GUANACASTE	IMN	Pacífico Norte	68.2
ASADA ARTOLA SARDINAL	IMN	Pacífico Norte	68.0
PALO ALTO. MONTEZUMA	IMN	Pacífico Norte	67.2
PROGRESO CUAJINIQUIL SANTA CRUZ	IMN	Pacífico Norte	67.0
CERRO CHITARIA. SANTA ANA	IMN	Valle Central	60.69
MANGARICA. LLANO LA CRUZ. LIBERIA	IMN	Pacífico Norte	60.0
LAGUNA. FRAIJANES	IMN/UCR	Valle Central	59.2
FINCA NORA. CHAGUITES	IMN	Valle Central	58.2
SANTA CRUZ	IMN	Pacífico Norte	57.6
CERRO CEDRAL. ESCAZU	IMN	Valle Central	56.4
FINCA LA LIGIA. PARRITA	IMN	Pacífico Central	54.6
FINCA EL PATIO. PUERTO JIMENEZ	IMN	Pacífico Sur	54.4
PILANGOSTA HOJANCHA GUANACASTE	IMN	Pacífico Norte	53.8
Chirripo	CORBANA	Caribe Norte	53.6
SAN MIGUEL. NARANJO	IMN	Valle Central	53.4
UTN. Balsa Atenas	IMN	Valle Central	52.8
FINCA EL CARMEN. SIQUIRRES	IMN	Caribe Norte	48.4

Fig. 18. Precipitación acumulada diaria para el 15 de junio de 2024.

De acuerdo a los mapas de isoyetas de precipitación acumulada diaria (figura 19), la precipitación muestra una distribución espacial importante durante ambos días, siendo el Pacífico Norte y Pacífico Sur las regiones que muestran lluvias que son consideradas muy intensas a extremas en términos de escala diaria. Según los mapas de precipitación, en todas las regiones se presentaron lluvias generalizadas de ligera a moderada intensidad, con algunos registros puntuales de lluvia fuerte a muy fuerte. Los análisis horarios de las EMAs consultadas no indican que fueran precipitaciones continuas durante un período superior a 24 horas.

Al revisar los registros de la base de datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), se observa que varias de las EMAs registraron un período cercano a las 24 horas continuas de precipitación; sin embargo, no hubo un período meramente continuo de lluvias, ya que la mayoría muestra registros de 0 mm de precipitación por un período de 2 a 4 horas. Las EMAs que cumplen con condiciones similares son: 84181, 84207, 84213, 84231, 84243, 84249, 84291, 72149, 72153, 73129, 96003, 100643, 100014, 100015, 100649, 100651, 100653 y 88055. Las demás EMAs no muestran condiciones semejantes, sino períodos discontinuos, sin registrar precipitaciones para períodos mayores entre 4 y 6 horas.

Los incidentes registrados se muestran en la figura 20; estos ocurren principalmente en Pacífico Norte, Pacífico Sur y Valle Central. En total se registraron 28 inundaciones y 10 deslizamientos.

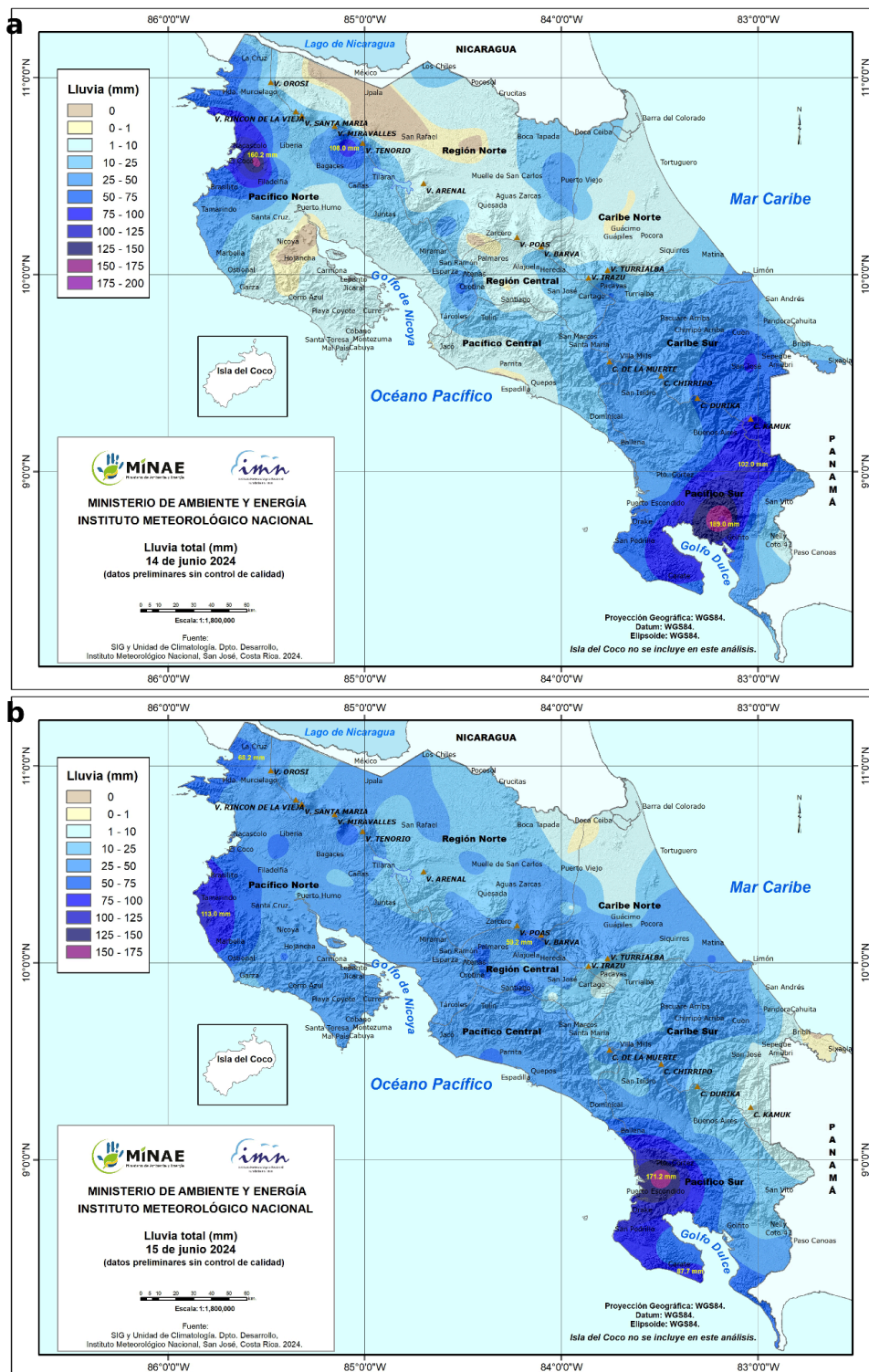


Fig. 19. Mapa de isoyetas de precipitación acumulada diaria para el 14 de junio de 2024 (a) y 15 de junio de 2024 (b).

Incidentes registrados durante el período de análisis

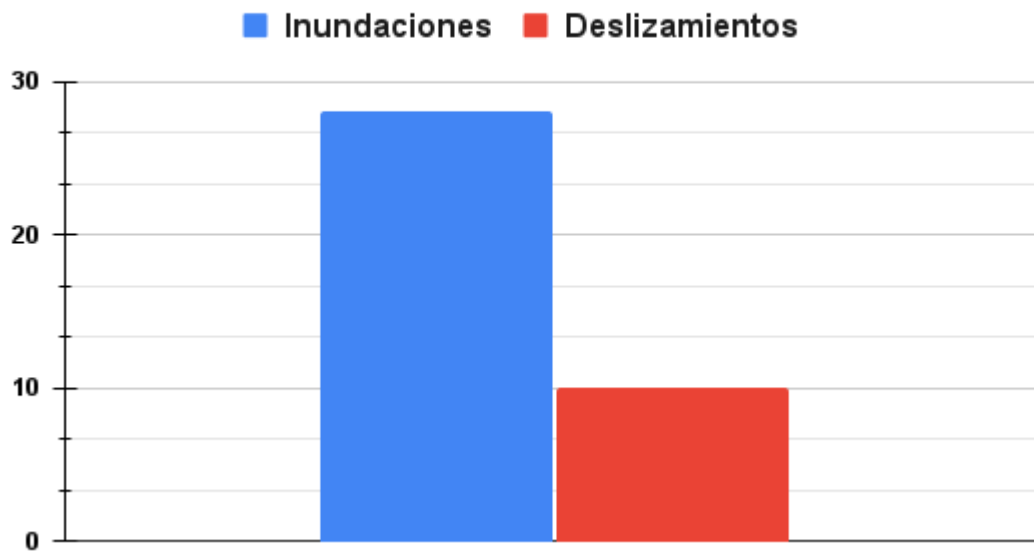


Fig. 20. Incidentes registrados del 14 de junio de 2024 al 15 de junio de 2024.

5. Conclusiones

El CAG que se presentó mantuvo influencia sobre el territorio nacional entre el 14 y 15 de junio. Fue un CAG no-baroclínico debido a la presencia de un anticiclón en altura. Además, de acuerdo a los análisis de la sección 2, este sistema fue más intenso durante el 15 de junio. Por otro lado, la OT 9 mantuvo influencia sobre el país durante el 14 de junio. Asociado a estos sistemas, se mantuvo un alto PWAT y fase de la MJO (fase 8), que en conjunto propiciaron condiciones ambientales propicias para el desarrollo del CAG.

Durante los días 14 y 15 de junio de 2024 se presentaron condiciones del tiempo “atemporaladas” en el territorio nacional debido al CAG y desplazamiento de la OT 9, ya que no se cumplió el criterio de temporal según la definición planteada por [Férrandez y Barrantes \(1996\)](#), pues el período de precipitación no fue continuo durante un período mayor a 24 horas. Sin embargo, durante este período se presentaron acumulados de precipitación superiores a los 100 mm diarios en varios sectores del Pacífico Norte y Pacífico Sur. Se presentaron incidentes como inundaciones y deslizamientos asociados a los altos acumulados de precipitación, principalmente en las regiones mencionadas y en el Valle Central, por saturación de alcantarillado.

REFERENCIAS

- Fernández, W., and Barrantes, J, 1996: The Central American temporal: A long-lived tropical rain-producing system. *Tópicos meteorológicos y oceanográficos*, 3, 73-88.
- Lessmann, H, 1964: Synoptic and climatological views on rainfall in Central America, especially in Salvador. In proceedings of Symposium on Tropical Meteorology, New Zealand Service, 295-305.
- Papin, P., Giffin, K., Bosart, L., and Torn, R, 2012: A Climatology of Central American Gyres, AGU Fall Meeting Abstracts, A43F-0208.
- Papin, P., Bosart, L., and Torn, R, 2017: A Climatology of Central American Gyres. *Mon. Wea. Rev.*, 145, 1983–2000.
- Quesada-Román A., Villalobos-Portilla, E., and Campos-Durán, D, 2021: Hydrometeorological disasters in urban areas of Costa Rica, Central America. *Environmental Hazards*, 2, 264–278.
- Romell, E., Fernández, W., and Zárate, E, 1996: Efectos de mesoescala del temporal del 29 de octubre al 3 de noviembre de 1985 sobre Costa Rica. *Tópicos meteorológicos y oceanográficos*, 3, 125-139.