BOLETÍN Meteorológico Mensual

ISSN 1654-0465

Instituto Meteorológico Nacional
Fundado en 1888

www.imn.ac.cr
imn@imn.ac.cr
+(506)2222-5616

Apdo. postal: 5583-1000
Calle 17, avenida 9
San José, Costa Rica

BOLETÍN METEOROLÓGICO DICIEMBRE 2023

Edición general:
Luis F. Alvarado G.

Contenido:
José P Valverde M.
Daniel A. Poleo B.
Rosangélica Montero A.

Fotografía de portada:
Vista desde Tarbaca
Por: Roberto Rodríguez S.
*
Aserrí, San José

Contenido Página

Resumen	2
Condiciones atmosféricas regionales	2
Eventos extremos	19
Condiciones atmosféricas locales	20

RESUMEN METEOROLÓGICO DICIEMBRE DE 2023

José Pablo Valverde Mora
Departamento de Meteorología Sinóptica y Aeronáutica (DMSA)
Daniel Alejandro Poleo Brito y Rosangélica Montero Acuña
Departamento de Desarrollo (DD)
Instituto Meteorológico Nacional (IMN-MINAE)

Resumen

Las características típicas de vientos alisios acelerados en periodos de altas presiones producto de incursiones de empujes fríos en la cuenca del Mar Caribe, aún persistencia de contenido de humedad en la tropósfera local traducible en precipitaciones sobre ambas vertientes y alternado con periodos de menos lluvias, fue lo presente para este diciembre 2023. A lo anterior se le suman las características de un ENOS positivo (El Niño), donde las anomalías de precipitación fueron negativas para el Valle Central, Pacífico Norte e inclusive para las regiones de la vertiente Caribe, junto a las temperaturas más cálidas de lo normal y ráfagas de viento que aumentaron respecto al mes de noviembre.

1. Condiciones atmosféricas sinópticas regionales

El siguiente es un análisis del comportamiento promedio del patrón atmosférico a escala sinóptica de las regiones del océano Atlántico (incluyendo el mar Caribe (MC) y el golfo de México) y el Pacífico Tropical del Este (PTE) durante el mes de diciembre 2023. Las variables analizadas son: el viento promedio en los niveles atmosféricos de 250 hPa, 400 hPa, 500 hPa, 700 hPa, 850 hPa y 925 hPa, la presión atmosférica al nivel del mar (PNM), el contenido de humedad en la atmósfera a través de la variable conocida como agua precipitable (PWAT, por sus siglas en inglés).

Además de las oscilaciones atmosféricas: Madden-Julian (MJO, por sus siglas en inglés), Ártica (AO, por sus siglas en inglés) y Atlántico Norte (NAO, por sus siglas en inglés). Finalmente, se agregan las precipitaciones estimadas satelitalmente en América Central.

Los datos de las variables atmosféricas son tomados de reanálisis del Laboratorio de Ciencias Físicas de (ESRL) de la NOAA. Las oscilaciones atmosféricas y las precipitaciones fueron tomados del Centro de Predicciones Climática de los Estados Unidos (CPC, por sus siglas en inglés).

En términos generales, se puede concluir que durante diciembre:

- El patrón sinóptico en niveles bajos de la tropósfera predominó el viento alisio del este sobre el país, este entre fuerte a débil. Los días para los cuales se acelera son producto de aumentos de presión sobre la cuenca del MC y por sistemas frontales

que se acercan por el norte del continente. Específicamente, se tienen los días 05-06, 12-14, 18-20, 23 y 31 con de mayor influencia de vientos alisios en el país, siendo los días 18-20 donde un empuje frío alcanzó el país con afectación directa (FF#1). Por otro lado, los periodos intermedios a estos días, se presentó la ocurrencia de viento del oeste con algunas lluvias.

Al norte del continente, en altura, predominó el viento zonal del oeste, localizando la corriente en chorro cerca de su posición climatológica y ligeramente algo más intensa/amplia sobre la región. En el oeste del MC, en niveles medios, se presenta el establecimiento de anticiclones, favoreciendo la subsidencia estacional hacia el centro-sur de la cuenca del Caribe y del PTE, la cual se presentó durante periodos (ocasional), pues niveles inferiores como de 700 hPa, no refleja claramente dicho patrón.

El viento promedio más bajo de lo normal, esto en niveles cercanos a la superficie (850 hPa), favorece la persistencia de condiciones humedad. A su vez, repercute con valores deficitarios en las estimaciones de precipitación satelital sobre las regiones Caribe de nuestro país, con valores de superávit sobre las regiones del Pacífico y la propia Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT).

- La velocidad potencial estuvo principalmente en fase divergente las últimas tres semanas del mes, mientras que la Oscilación Madden-Julian (MJO) estuvo de fases Caribe a fases de Pacífico (primera y segunda quincena, respectivamente), por lo que favoreció episodios de lluvia sobre el país en el Pacífico durante la segunda quincena. Sin embargo, tanto la Oscilación Ártica (AO) como la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) predominaron en su fase negativa las primeras semanas, lo cual debió favorecer la presencia de empujes fríos hacia el sur de América de Norte y sobre la cuenca del mar Caribe (se registró el FF#1 afectando el país).

- La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) en el PTE se ubicó en su posición climatológica, excepto la parte oeste de Colombia, donde estuvo algo más al norte de lo usual. Se observa una ZCIT más activa que el promedio debido al superávit de agua precipitable disponible, esto sobre la zona continental del este ecuatorial, sobre el océano PTE, además de la mayor parte del istmo centroamericano y la cuenca del MC (anomalías positivas).

1.1 Patrón sinóptico mensual

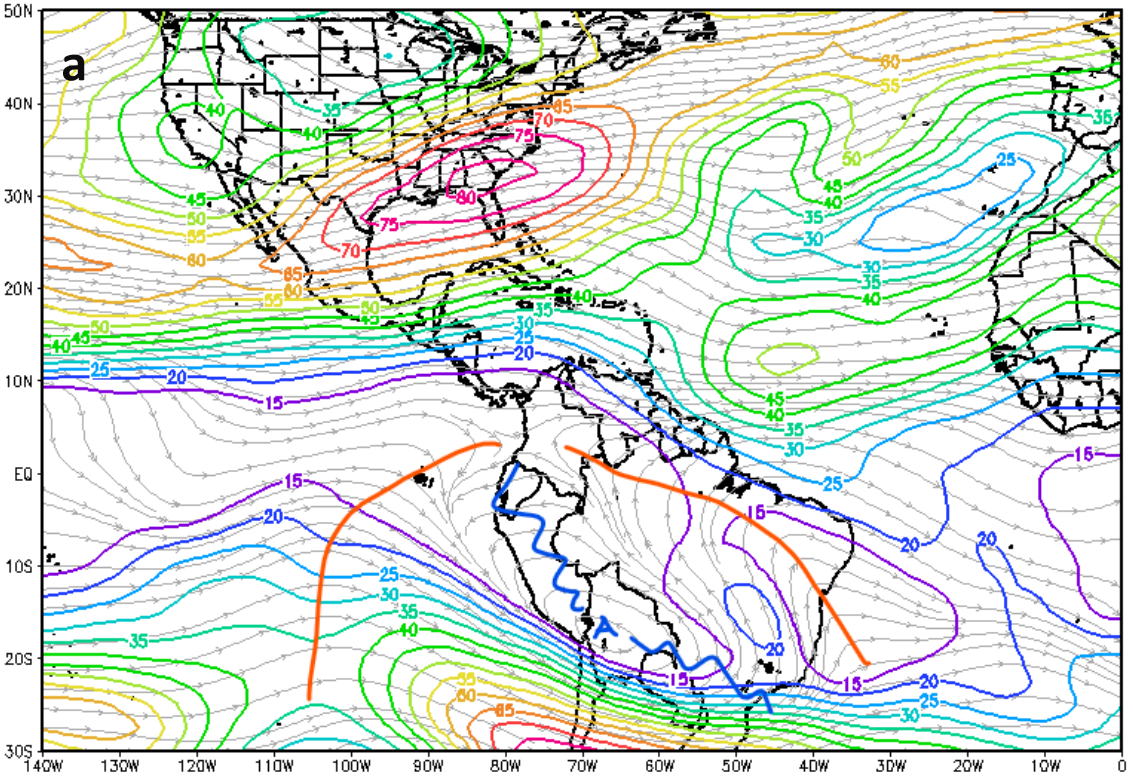
A continuación, se analizan los patrones sinópticos promedio para la región, utilizando las líneas de corriente en los niveles atmosféricos de 250 hPa, 400 hPa, 500 hPa, 700 hPa y 850 hPa. Las líneas de corriente son generadas a partir de los datos de la dirección del viento promedio mensual en cada nivel.

En el **nivel de 250 hPa** (figura 1.a) se muestra un predominio marcado de flujos del cuadrante oeste, con vientos acelerados superiores de los 30 kt (nudos) prácticamente desde los 12 °N y hacia todo el norte de Norteamérica. Esta condición es más pronunciada hacia zonas ecuatoriales en el océano Atlántico, además de presentar estas características hacia regiones más al sur en referencia a la climatología. El jet subtropical estuvo en su posición climatológica, pero en particular ingresando por el centro de México (alrededor de los 22-28 °N), manteniendo siempre su máximo característico en las costas del sureste de los Estados Unidos y alrededor de los 30 °N.

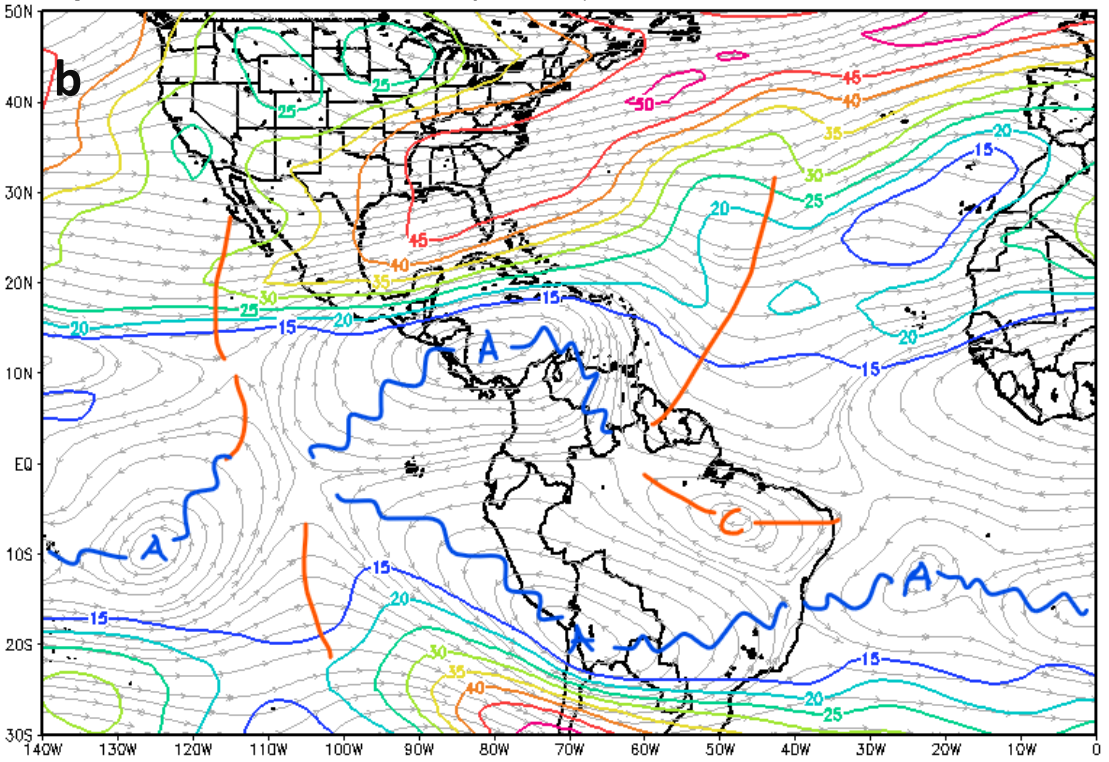
En el **nivel de 400 hPa** (figura 1.b) la principal característica fue un anticiclón ubicado sobre el extremo suroeste de la cuenca del MC que genera subsidencia constante en Centroamérica, el mar Caribe y el PTE. Esto es característico del mes, sin embargo, se observa ligeramente menos amplio respecto al anticiclón climatológico. Por otro lado, se presenta una vaguada profunda con eje NNE-SSO sobre del centro del Atlántico Norte y otra leve de eje N-S en el centro-este del océano Pacífico Tropical.

En el **nivel de 500 hPa** (figura 1.c) una gran circulación anticiclónica se ubicó en el centro del mar Caribe, que ocasionó una subsidencia en toda esa cuenca, sobre América Central y el norte de Sudamérica, dominando con dorsales el MC, Centroamérica y parte del PTE aledaño a la región. Este anticiclón se ubicó sobre su posición climatológica, además de estar más proyectado hacia zonas ecuatoriales de Sudamérica. Por otro lado, se observa la componente oeste en el norte del continente, menos acelerada que los valores promedio.

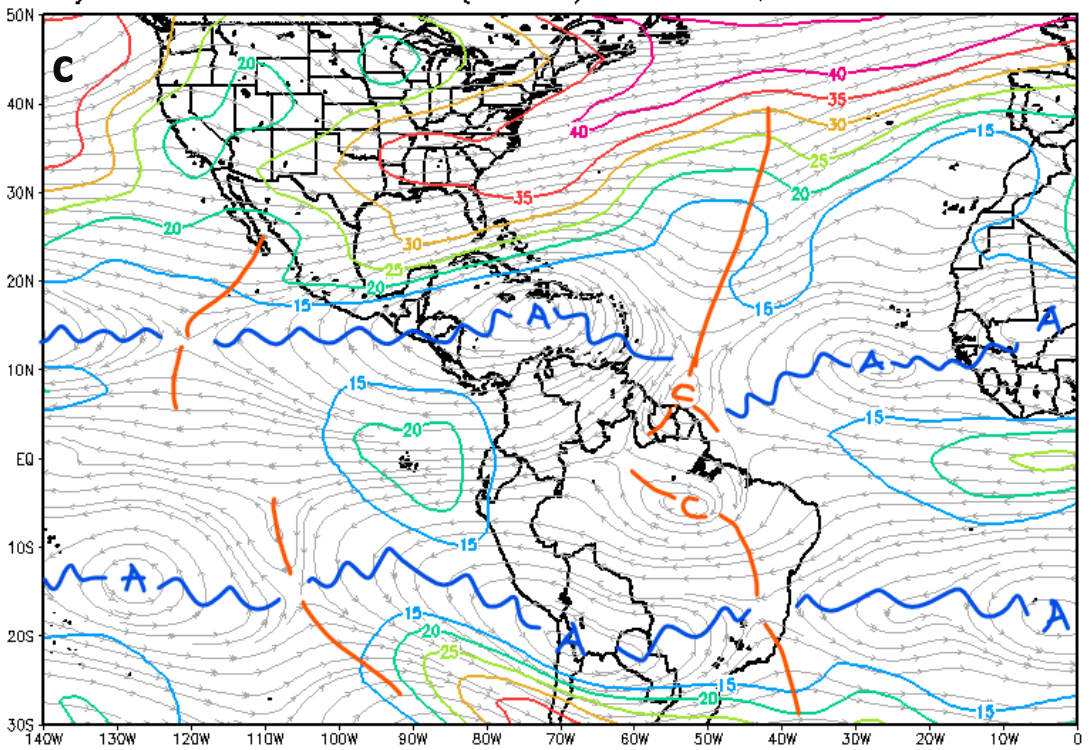
Flujos Medios e Isotacas (>15Kt) a 250mb, Periodo: Dic-2023



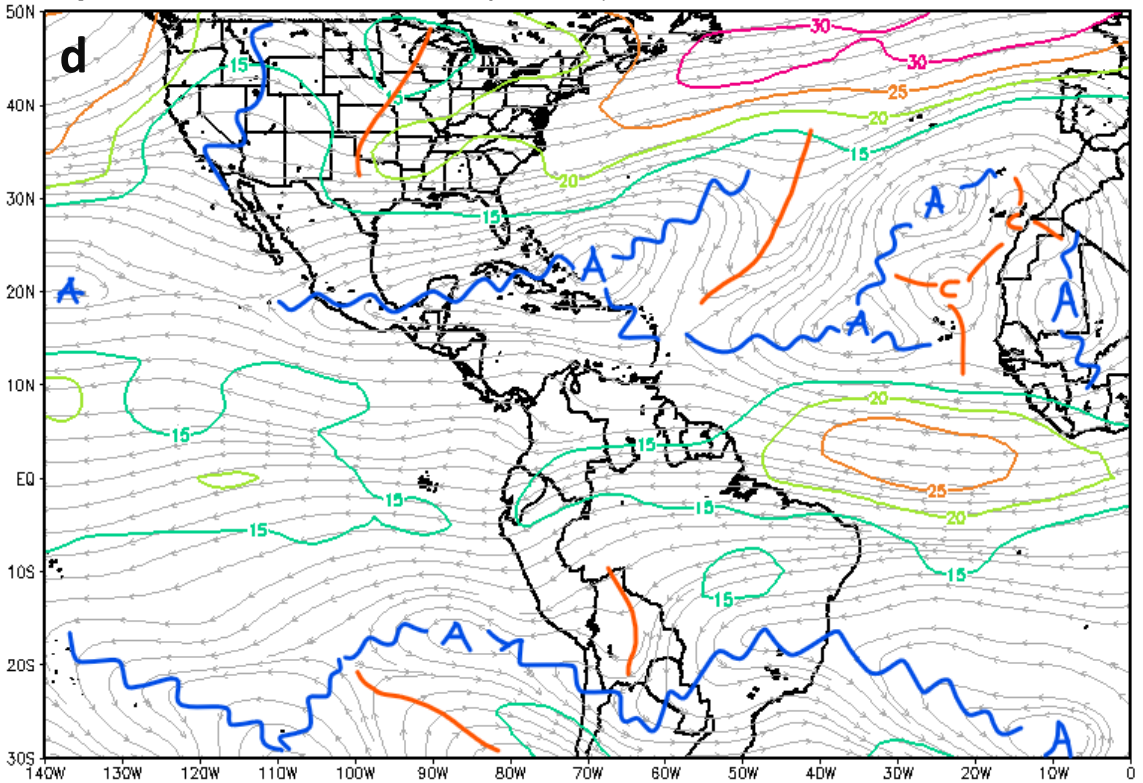
Flujos Medios e Isotacas (>15Kt) a 400mb, Periodo: Dic-2023



Flujos Medios e Isotacas (>15Kt) a 500mb, Periodo: Dic-2023



Flujos Medios e Isotacas (>15Kt) a 700mb, Periodo: Dic-2023



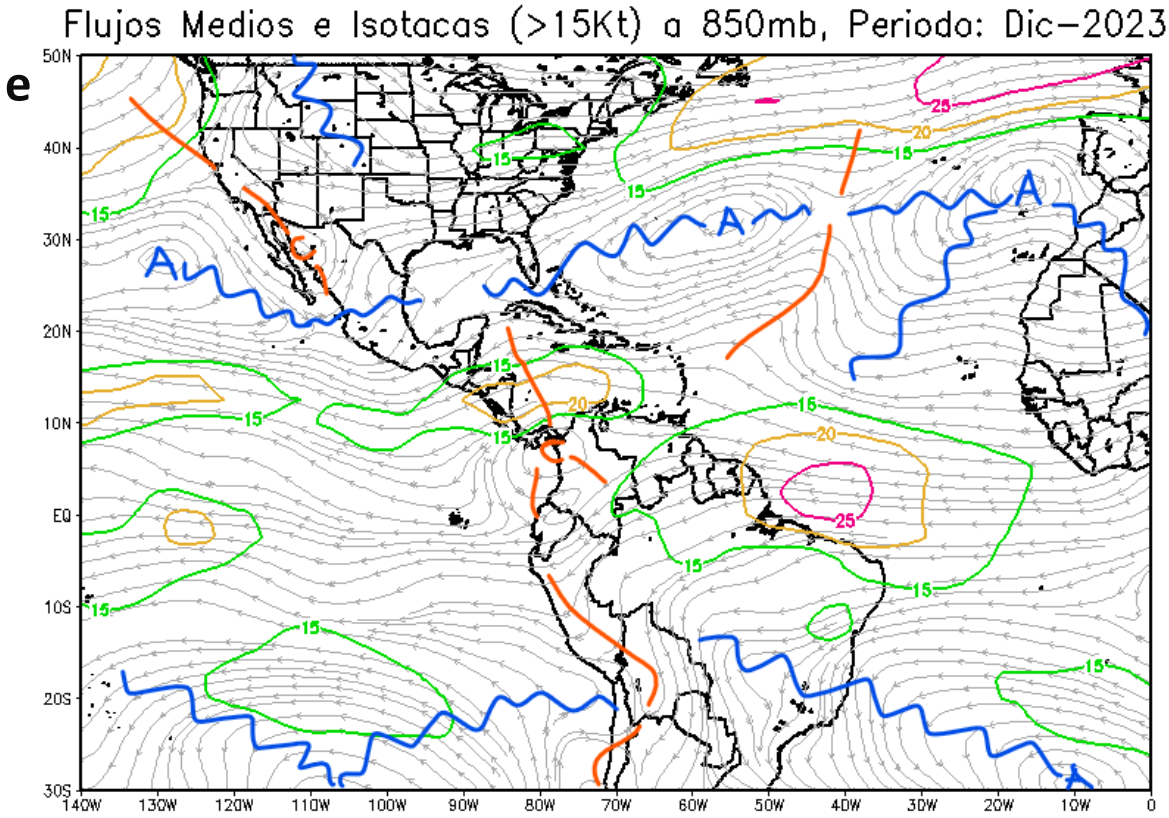


Figura 1. Líneas de corriente promedio e Isotacas (> 15 kt) durante diciembre de 2023 en los niveles atmosféricos de: a) 250 hPa, b) 400 hPa, c) 500 hPa, d) 700 hPa y e) 850 hPa. Los ejes de vaguada se marcan con líneas rojas y las líneas azules los ejes de dorsal; la letra "A" significa movimiento anticiclónico -a favor de las manecillas de reloj- del viento y la letra "C" movimiento ciclónico -en contra de las manecillas de reloj- del viento. Fuente: Reanálisis NOAA/ESRL Physical Sciences Laboratory - IMN.

En el **nivel de 700 hPa** (figura 1.d) un anticiclón, ubicado en el este cercano de las islas Turcas y Caicos, proyecta un eje de dorsal al norte de Centroamérica y sur de México. Este anticiclón se encuentra un poco más al oeste respecto a su posición climatológica además de percibirse debilitado, pues se manifiesta de menor amplitud. El flujo sobre el país es normal de componente este desde zonas tropicales.

En el **nivel de 850 hPa** (figura 1.e), la circulación anticiclónica al este de las Bermudas se extiende hacia el golfo de México y al centro del Atlántico Norte con ejes de dorsal. Este último anticiclón se ubicó en su posición climatológica. En el centro-sur del MC y sur de América Central se observa claramente la señal del Jet de Bajo Nivel del Caribe (CLLJ, por sus siglas en inglés) y el jet de Papagayo, con vientos alisios zonales de velocidades de hasta 20 kt. Esta condición es semejante a la presente un mes de diciembre promedio, con la particularidad de presentar valores de la velocidad de viento levemente inferiores a las velocidades promedio, además de ser menor amplia la región de afectación.

Por otro lado, se presenta una circulación ciclónica en el Golfo de Panamá, proyectando un eje de vaguada hacia las costas del Pacífico de Colombia y Ecuador. Esto no es reflejo de un diciembre promedio debido a la presencia de viento acelerado del Noreste en Panamá, que imposibilita la formación de esta circulación.

1.2 Presión atmosférica

La figura 2 muestra la presión atmosférica promedio y su respectiva anomalía sobre la región durante diciembre 2023. El eje de altas presiones se observa entre los 30 - 40 latitud norte, manteniendo en promedio un gradiente de 8 hPa entre Cuba y la baja de Panamá. La presión se mantuvo con valores entre normales y levemente bajo lo normal (0 - 2 hPa abajo la climatología, según el gráfico de anomalías) desde las costas del sur de los Estados Unidos hasta las regiones tropicales de Panamá, Costa Rica y el norte de Sudamérica.

Al norte del continente (Estados Unidos) la presión atmosférica registró dos máximos relativos (altas presiones) con valores promedio entre 1020 hPa y 1024 hPa. Por otro lado, la baja de Panamá presentó valores promedio alrededor de los 1008 hPa, teniendo 2 hPa bajo los valores climatológicos.

En el sector del océano Atlántico Norte hubo en promedio un aumento de presión atmosférica de 5 hPa por arriba de la climatología, esto en un área cercana a la costa del este entre la frontera de Estados Unidos y Canadá. Esto ocasiona el fortalecimiento del gradiente de presión hacia el centro del océano Atlántico Norte.

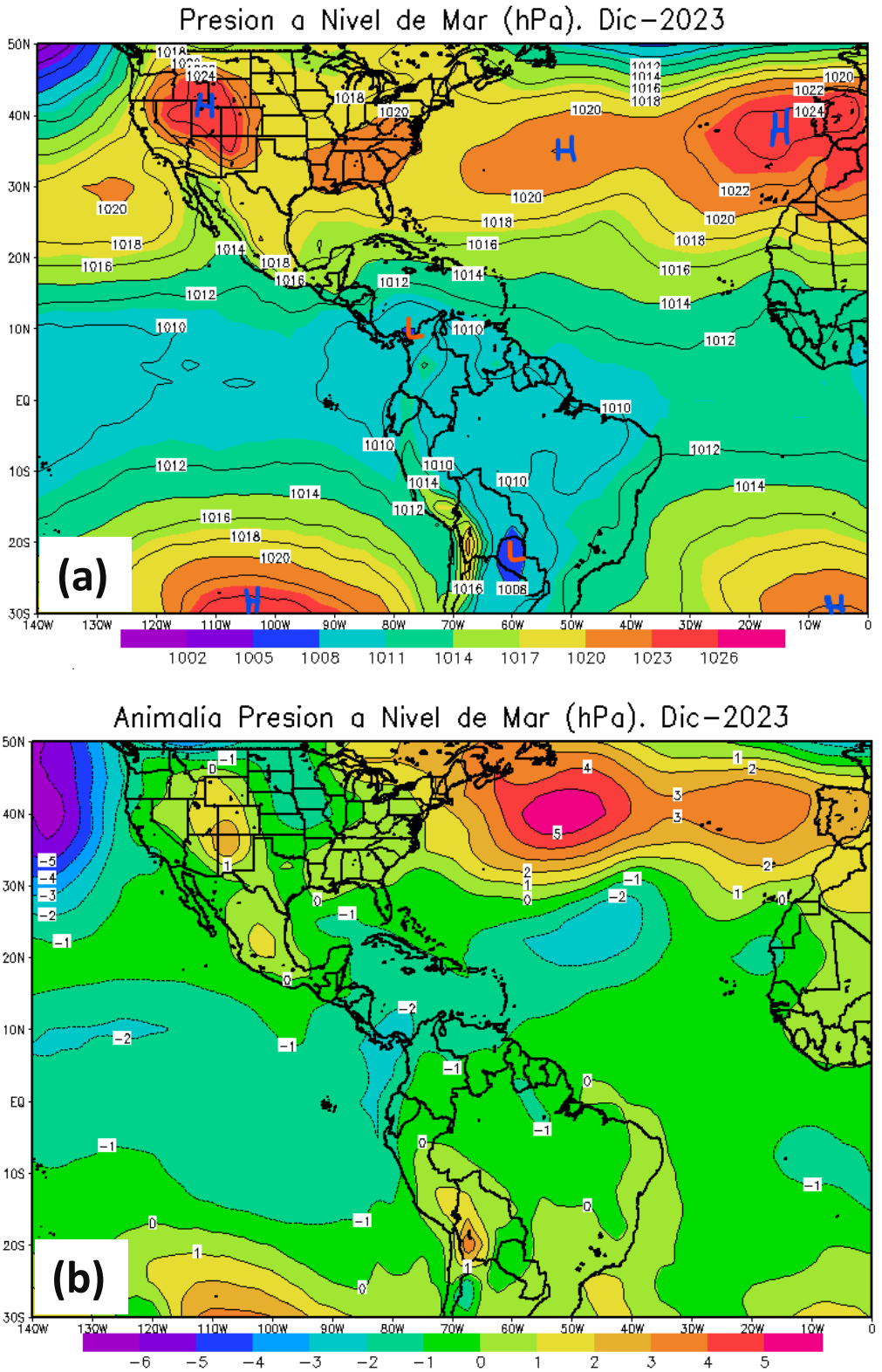


Figura 2. Presión atmosférica en hectopascales (hPa) en el océano Atlántico, el mar Caribe, el golfo de México y el Pacífico Tropical del Este durante diciembre de 2023: a) promedio mensual y b) anomalía mensual. La anomalía se define como la diferencia entre los valores registrados y los valores promedio climáticos del mes. Fuente: Reanálisis NOAA/ESRL Physical Sciences Laboratory - IMN.

1.3 Comportamiento de los vientos

El patrón de la presión atmosférica, descrito anteriormente, refleja parte del comportamiento de los vientos en el nivel de 850 hPa sobre la región (figura 3). La presencia del eje de altas presiones en el oeste de los Estados Unidos y hacia las aguas del este entre Estado unidos y Canadá (con anomalías positivas de presión), junto a las anomalías bajas sobre la región sur de Centroamérica y del mar Caribe, aumentaron la intensidad del viento meridional de componente (norte-nornoreste) sobre el oeste del golfo de México y norte de Centroamérica durante este mes y entre 2-4 m/s (~7-14 km/h). Alrededor de los 23 ºN - 55 ºO la baja anomalía de presión generó anomalías zonales del viento entre los 4-6 m/s (~15-21 km/h).

Dentro del mar Caribe las bajas anomalías de presión mantuvieron el viento normal hacia el centro y suroeste de dicha cuenca. La excepción se presenta en el Pacífico Tropical colombiano y el noroeste de dicho país, donde las anomalías de componente oeste-suroeste se presentaron con valores entre los 2-4 m/s (~7-14 km/h).

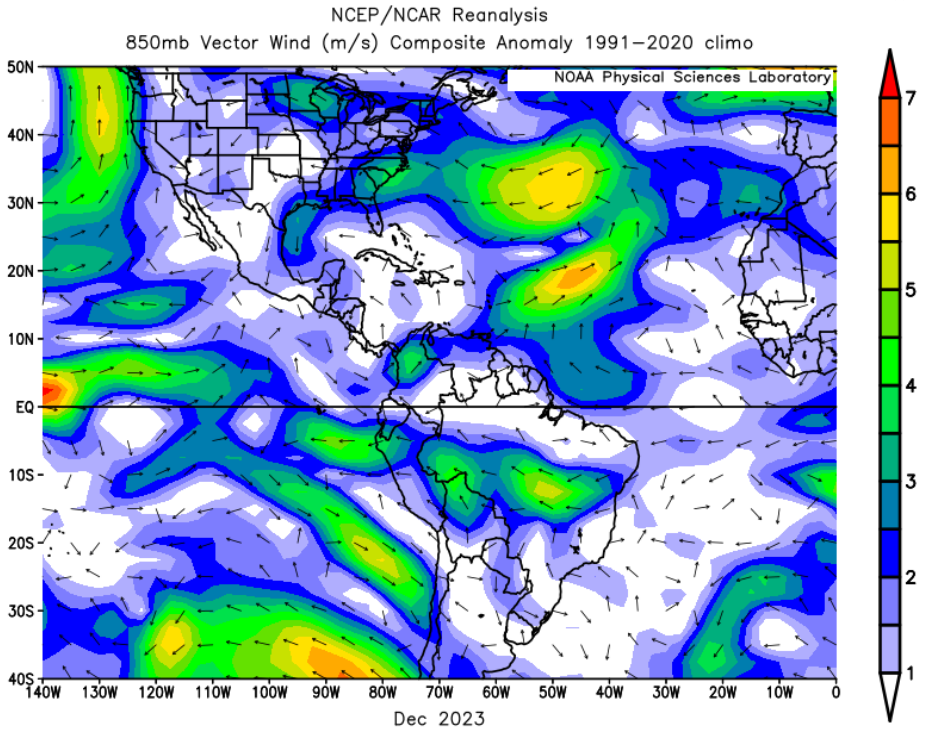


Figura 3. Anomalía del viento para el nivel de 850 hPa durante diciembre de 2023. Los colores indican la anomalía de la rapidez del viento (en metros por segundo) y las flechas la anomalía en la dirección en este nivel. Fuente: NOAA/ESRL Physical Sciences Laboratory - IMN.

1.4 Zona de Convergencia Intertropical

Para analizar la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) en el Pacífico Tropical del Este, se utilizan las líneas de corriente en el nivel de 1000 hPa (figura 4, superior) para determinar su ubicación y se compara con su posición climatológica (figura 4, inferior).

La actividad convectiva asociada a la ZCIT fue analizada utilizando tanto los valores medios como las anomalías de la variable agua precipitable (PWAT, figura 5 y 6), donde la advección de humedad por el viento en tonos verdes-rojos de la figura 6 significan mayor humedad, y los tonos azules-morados de dicha figura significan menor humedad.

De acuerdo con las líneas de corriente, la ZCIT durante diciembre se extendió como vaguada monzónica desde los 6 °N – 78 °O hasta los 9 °N – 95 °O; y luego como zona de convergencia desde el punto anterior hasta los 10 °N – 140 °O. Esta ubicación de la ZCIT es muy cercana a su posición climatológica, excepto en su extremo oriental (costa Pacífico de Colombia) donde estuvo al norte de lo usual; esto se debe a los valores bajos de intensidad del viento promedio y/o por la componente suroeste sobre el noroeste del territorio colombiano (anomalía del viento al nivel de 850 hPa en figura 3).

En lo que respecta a la actividad convectiva, se localiza la franja de valores más altos de PWAT (figura 5) muy semejante a la posición climatológica, e indicada por la figura 4 (inferior). Además, la anomalía de esta variable muestra valores positivos de entre 2 - 6 Kg/m^2 de humedad sobre América Central - cuenca del MC, y entre 6 – 10 Kg/m^2 hacia el oriente del océano Pacífico Tropical. Esto significa una mayor cantidad de humedad disponible para la formación nubosa y posibilidad de precipitación sobre la región, especialmente sobre la posición de la ZCIT y considerando la menor señal que para los meses de invierno boreal.

Regiones con anomalías negativas de contenido de agua disponible están en latitudes medias y sobre la posición de los sistemas de alta presión Específicamente, al sur de los Estados Unidos y al noroeste del anticiclón de los Azores, donde hubo un déficit entre los de 1 - 4 Kg/m^2 producto de la divergencia del viento acelerado para estas zonas.

Por lo anterior, se concluye que la Zona de Convergencia Intertropical estuvo muy cercano a su posición usual, pero con una leve mayor actividad convectiva y nubosidad asociada hacia el PTE.

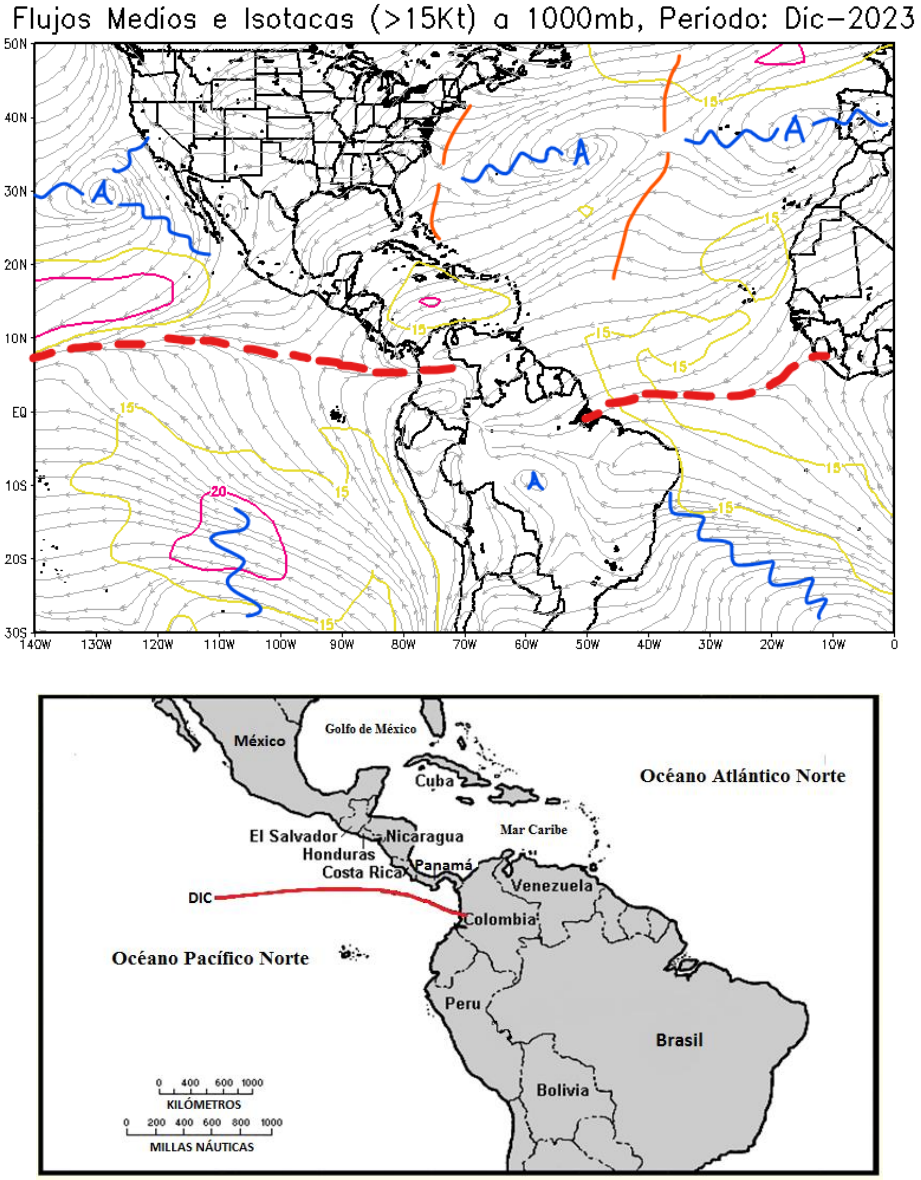


Figura 4. Superior: representación de la Zona de Convergencia Intertropical mediante líneas de corriente en superficie (nivel de 1000 hPa) durante diciembre de 2023. **Inferior**: posición climatológica de la Zona de Convergencia Intertropical en el Pacífico Tropical del Este durante diciembre. Fuente: Reanálisis NOAA/ESRL Physical Sciences Laboratory, Climate Prediction Center (CPC) e IMN.

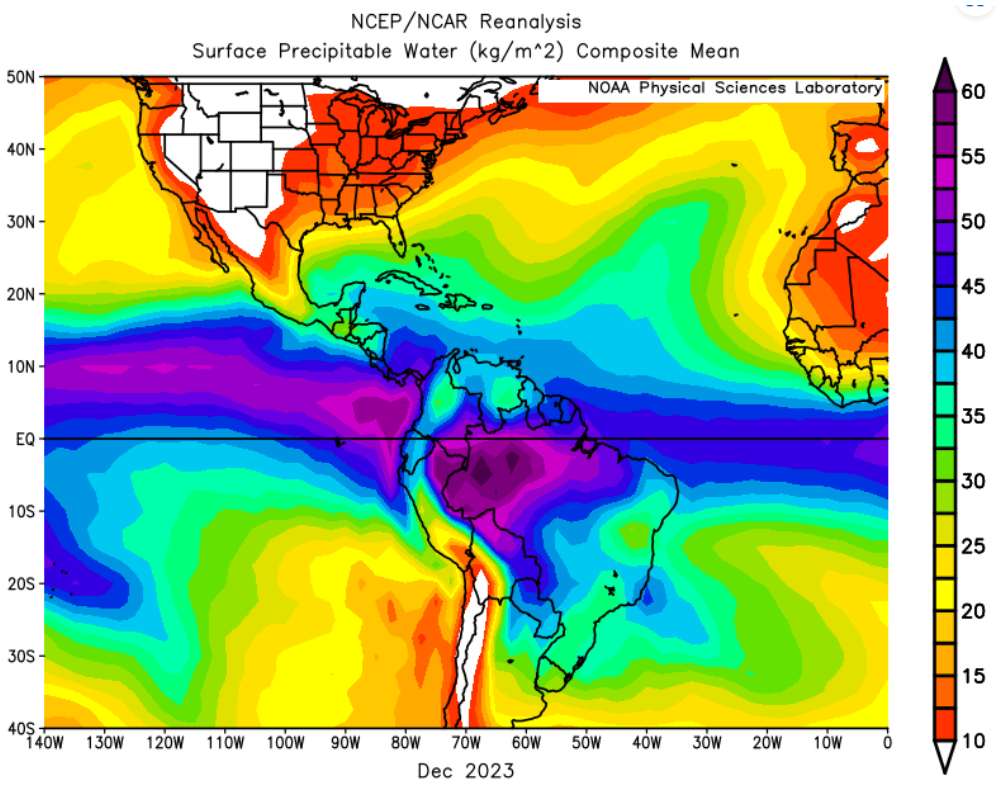


Figura 5. Agua precipitable (Kg/m^2) para diciembre de 2023. El agua precipitable es el contenido de humedad en una columna de la atmósfera, y se mide como si todo el vapor de agua se condensara y cayera en un mismo lugar. Los valores más altos indican mayor posibilidad de presencia de nubes y precipitación durante el mes. Fuente: Reanálisis NOAA/ESRL Physical Sciences Laboratory - IMN.

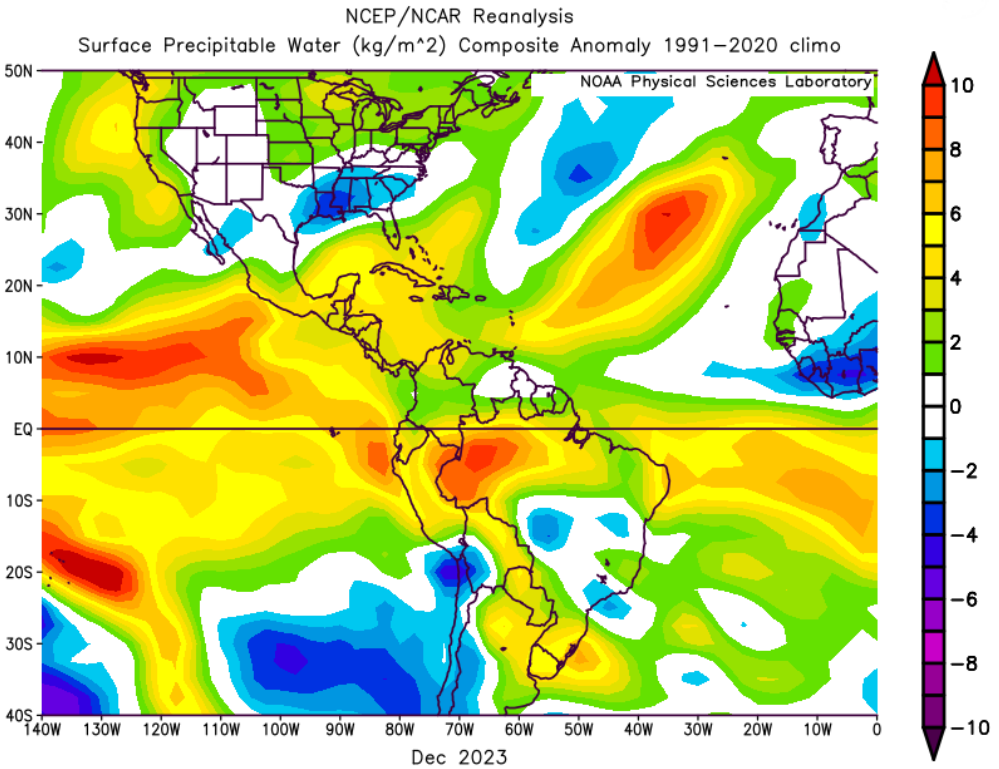


Figura 6. Anomalías de agua precipitable (PWAT) en kilogramo por metro cuadrado, durante diciembre de 2023. Zonas con valores positivos (negativos) significa mayor (menor) humedad, comparada con el promedio climatológico. Fuente: NOAA/ESRL Physical Sciences Laboratory - IMN.

1.5 Oscilaciones atmosféricas

- **Oscilación Madden–Julian (MJO):**

Esta oscilación se analiza con los índices representados en el diagrama de Wheeler-Hendon (figura 7, izquierda) y el diagrama de Hovmöller de la anomalía del potencial de velocidad en el nivel atmosférico de 200 hPa (figura 7, derecha). El diagrama Wheeler-Hendon describe el desplazamiento diario de la MJO a través de los trópicos alrededor del planeta, iniciando en el Océano Índico y viajando en dirección al este hasta finalizar en África. En su desplazamiento, la MJO pasa por el "Continente Marítimo" (sureste asiático), el Pacífico Occidental y el hemisferio occidental (que incluye el Pacífico Tropical del Este, el mar Caribe y el océano Atlántico Norte Tropical). Por su parte, en el diagrama de Hovmöller se relaciona la anomalía diaria de la velocidad potencial con la intensidad de la MJO a su paso por la región del Pacífico Tropical del Este y el Atlántico Norte Tropical (cuadro negro). En este diagrama, los tonos celeste-azules significan la presencia de la fase divergente y los tonos naranja-rojos de la fase convergente.

Para la primera quincena del mes, la MJO estuvo desplazándose desde el "Continente Marítimo (islas del sureste de Asia)" hacia el oeste del Pacífico y principalmente con amplitudes mayores a uno (fases favorables para regiones Caribe). Por el contrario, para

la segunda quincena la MJO se desplaza desde el Pacífico Occidental hacia el hemisferio occidental y África, la misma presentando amplitudes mayores a uno (fases favorables para regiones Pacífico).

Por otro lado, se observa un potencial de velocidad sobre nuestra región inicialmente convergente (figura 7, derecha), para posteriormente evolucionar a una condición divergente casi las tres cuartas partes restantes del mes diciembre, 2023. Esta última condición es favorable para las precipitaciones locales de la vertiente Pacífico.

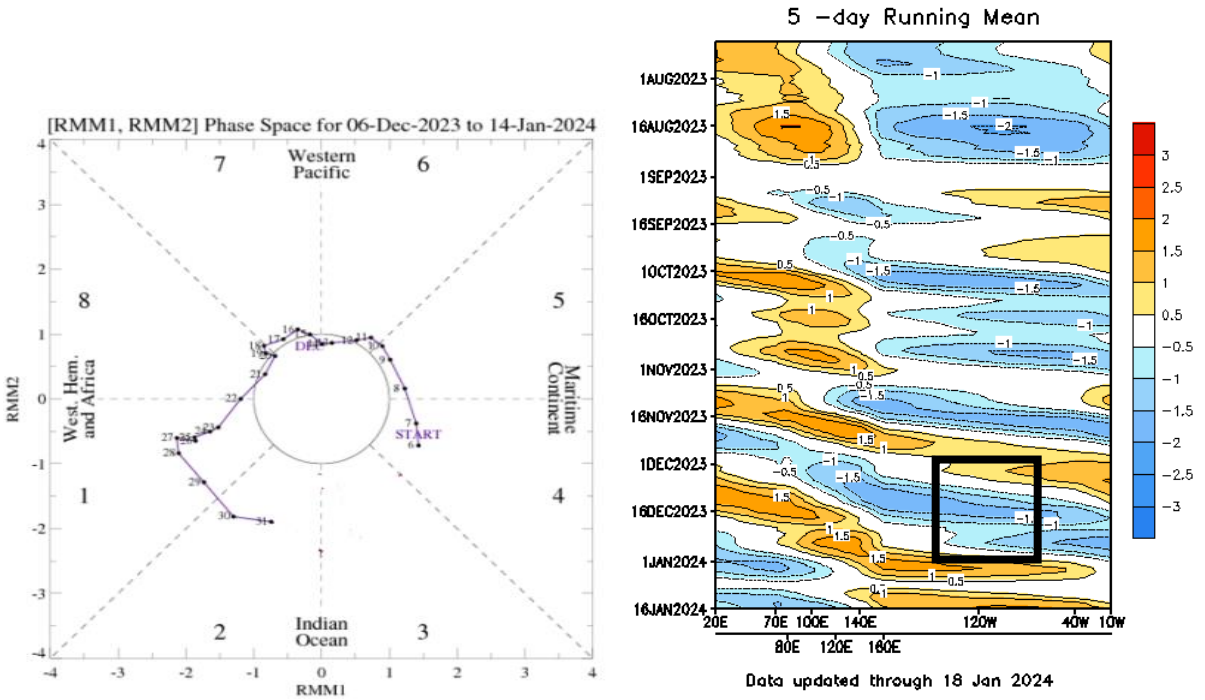


Figura 7. **Izquierda**: diagrama Wheeler-Hendon muestra el desplazamiento y amplitud (intensidad) de la MJO para diciembre de 2023 alrededor del planeta. **Derecha**: diagrama Hovmöller de las anomalías de la velocidad potencial, como indicador de los cambios de fase de la MJO sobre el Pacífico Tropical del Este y el mar Caribe (cuadro negro); los colores azules (rojos) significan la fase divergente (convergente) de la oscilación. Fuente: NOAA Climate Prediction Center (CPC).

- **Oscilación Ártica y Oscilación del Atlántico Norte:**

La AO es una oscilación de la presión atmosférica entre latitudes polares y latitudes medias, que fluctúa entre fases negativa y positiva. La fase negativa produce un aumento en la presión atmosférica sobre la región polar y una disminución de la presión alrededor de la latitud 45 °N, permitiendo que los empujes fríos migren hacia el sur hasta alcanzar latitudes tropicales; por el contrario, en la fase positiva los empujes fríos permanecen en el norte del continente.

Durante los meses invernales en el hemisferio norte (diciembre a febrero), la Oscilación Ártica y Oscilación Atlántico Norte (AO y NAO, respectivamente), tienen una influencia

importante en la incursión de empujes fríos desde el norte del América hacia el mar Caribe.

Por su parte, la NAO es una oscilación que relaciona la presión atmosférica entre el sistema de alta presión subtropical de las Azores en el océano Atlántico y el sistema de baja presión semiestacionario de Islandia. La fase positiva ocasiona que los empujes que llegan al golfo de México no ingresen al mar Caribe y, por el contrario, en la fase negativa está relacionada con el ingreso de los empujes fríos hasta el sur de la cuenca.

Durante la primera mitad de diciembre (figura 8), ambas oscilaciones tuvieron un comportamiento similar ya que ambas fluctuaron de su fase negativa bien marcada a una fase positiva, por lo que iniciado el mes se favorecía a que los sistemas de masa de aire frío avanzaran hacia el sur del continente. Finalmente, las últimas dos semanas del mes la NAO se mantuvo en fases positivas, mientras que la AO nuevamente evolucionó de la fase positiva a una fase negativa al final del mes.

Para el escenario favorable de empujes fríos alcanzando nuestras latitudes (inicios de primera quincena), se presentaron tres eventos con uno de estos como frente frío #1 sobre nuestro país. Por el contrario, al mantenerse la fase positiva de la NAO y el cambio lento de la AO a su fase negativa, dificultó aún más la propagación de estos sistemas hacia el sur de América del Norte, por lo que solo uno afectó indirectamente la región.

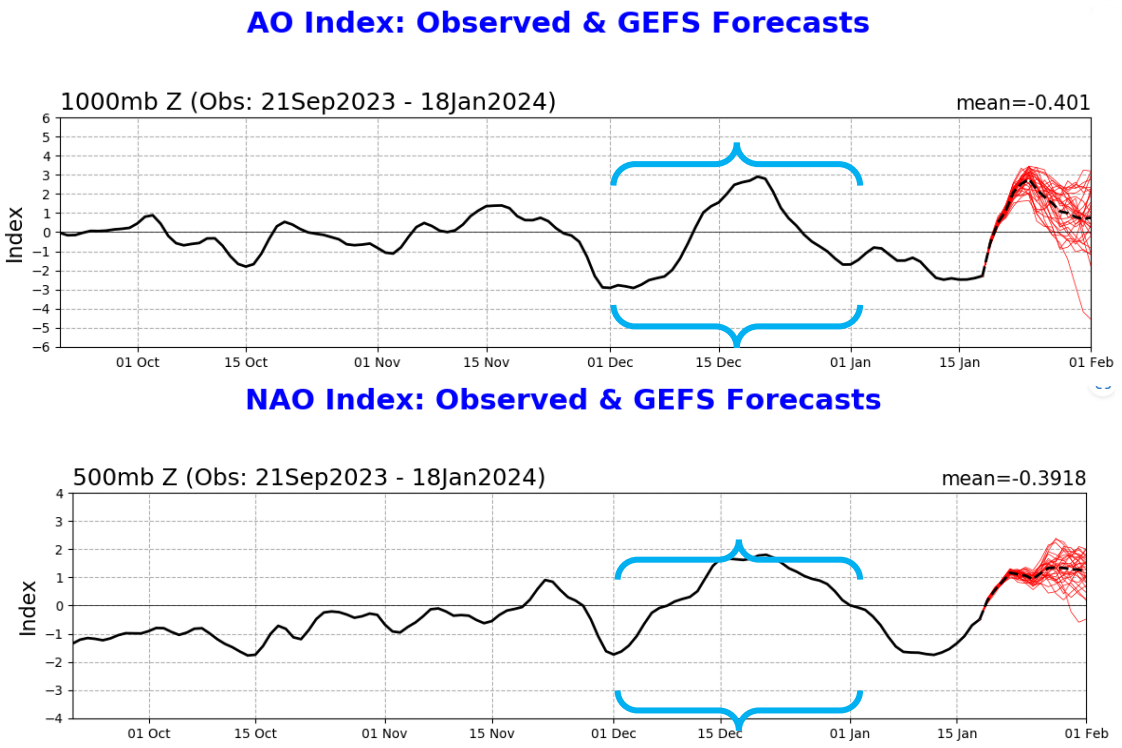


Figura 8. Variación del índice de las oscilaciones Ártica (arriba) y Atlántico Norte (abajo) durante el periodo de diciembre de 2023 (valores entre corchetes celestes). Fuente: Climate Prediction Center-NOAA.

1.6 Empujes fríos

En diciembre empieza la época invernal a establecerse en el hemisferio norte, con el principal fenómeno sinóptico presente en la región como lo son los empujes fríos. Estos sistemas están formados por una alta presión producto de la masa fría polar que se desplaza, un frente frío y una línea de cortante de cizalladura delante del frente frío (FF); estos se desplazan desde latitudes extratropicales hacia las zonas tropicales.

El Instituto Meteorológico Nacional numera los empujes fríos que ingresan al mar Caribe, cuando la línea de cortante cruza el canal de Yucatán. La tabla 1 muestra la fecha de ingreso a la cuenca del Mar Caribe de los empujes fríos y el número secuencial dentro de la temporada.

Todos los empujes contabilizados desde el #6 al #9 ingresaron a la cuenca del mar Caribe, pero principalmente con afectación por vientos alisios por la alta presión asociada. La excepción se presentó con el empuje frío #8, el cual si afectó con todas sus componentes y variables sobre el país (ver informen técnico del FF #1).

Tabla 1. Empujes fríos que ingresaron al Mar Caribe y su influencia en Costa Rica durante diciembre de 2023.

Día	Número de empuje frío	Influencia en Costa Rica
05	6	Línea cortante sobre Nicaragua para el 07-Dic.
11	7	Línea cortante al Este de Honduras
17	8	Línea de cortante sobre CR 18-Dic (FF #1).
28	9	Línea de cortante sobre norte de CR 31-Dic.

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (IMN)

1.7 Precipitaciones

El mes de diciembre se caracteriza por ser un mes de acumulados de precipitación bajos en América Central, debido a que la estación seca se establece en gran parte de la región, iniciando este proceso desde noviembre.

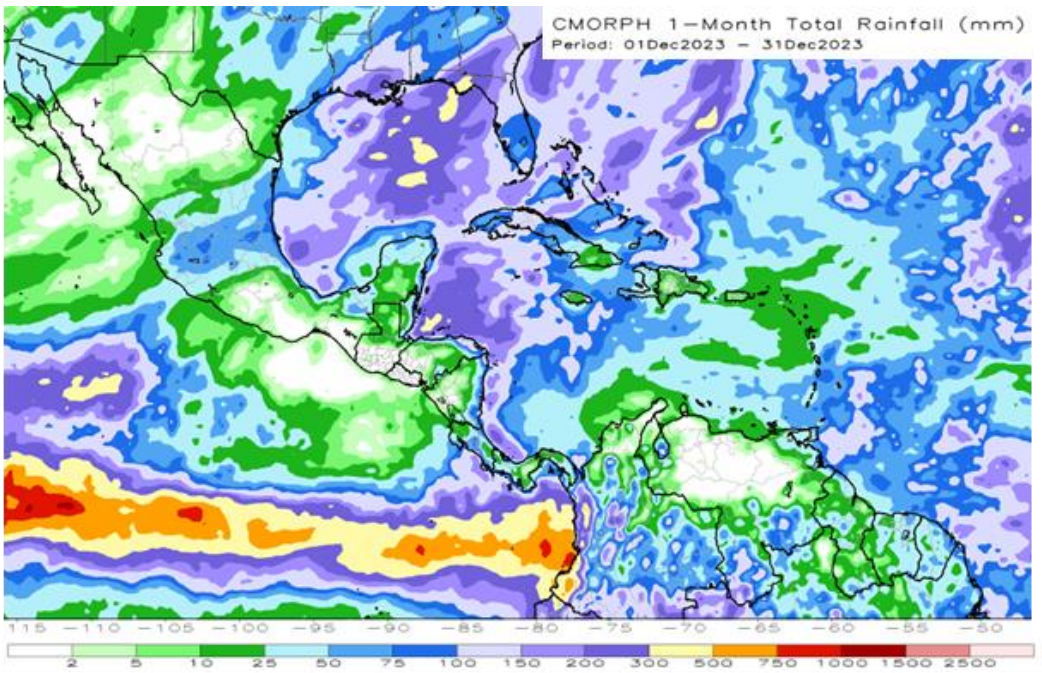
Los principales generadores de lluvias en la región este mes es la advección de humedad desde el Mar Caribe debido al aumento estacional de los vientos Alisios y los empujes fríos cuando estos logran ingresar al Mar Caribe, concentrando las precipitaciones a lo largo de la costa del Caribe.

De acuerdo con la estimación satelital de precipitación de CMORPH del CPC (figura 9, arriba), se presentaron acumulados entre 100 mm y 300 mm a lo largo de la costa del

Caribe de Costa Rica (zona marítima cercana a la costa), mientras que para las zonas continentales de nuestra Vertiente Caribe, los valores acumulados variaron entre los 10 mm a los 100 mm. Estos valores están muy por debajo a los promedios climatológicos, correspondiendo a valores deficitarios entre 25 - 100 mm por debajo del promedio en la parte caribe del territorio nacional y entre 100 - 250 mm en la parte marítima cercana a las costas de dicha vertiente (figura 9, abajo).

Por su parte, en la costa pacífica de Costa Rica los montos estimados satelitalmente fueron entre 10 mm y 200 mm (este último valor específicamente para las costas del Pacífico Sur y parte sur del Pacífico Central), mientras para el Pacífico Norte se muestran valores inferiores a los 75 mm. En referencia a la anomalía (figura 9, abajo), los valores de toda la vertiente del Pacífico se encuentran variando entre 0 - 50 mm de más sobre la climatología (figura 9, abajo).

Otras regiones que presentan valores altos de anomalías positivas en precipitación para el mes de diciembre son: el noroeste del Caribe, el golfo de México y toda la región característica de la ubicación de la ZCIT en el PTE, con valores de superávit entre los 100 y 500 mm (figura 9, inferior).



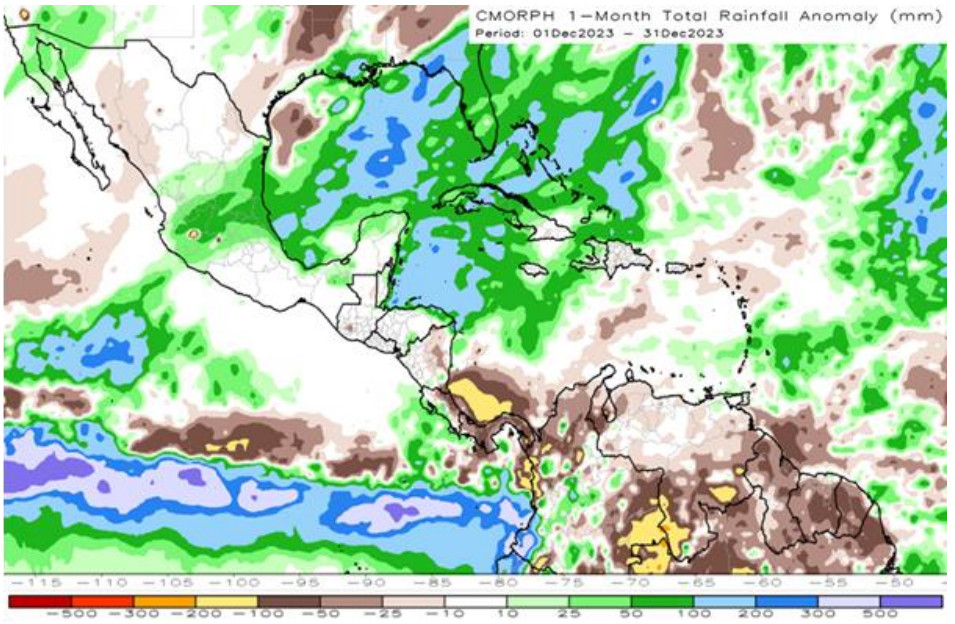


Figura 9. Arriba: estimación satelital de la lluvia acumulada para diciembre de 2023. **Abajo**: anomalía de la precipitación estimada. Para la anomalía, los colores verdes y azules indican áreas con superávit, mientras que los colores cafés-rojos indican áreas con déficit. Fuente: NOAA Climate Prediction Center (CPC).

2. Informes técnicos de Eventos meteorológicos extremos

2.1. Empuje frío #8 (del 17 al 22 de diciembre del 2023)

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. Este sistema frontal 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.

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.

Para ver el informe técnico completo, se puede consultar en el siguiente enlace: (**Enlace**).

3. Condiciones atmosféricas locales en Costa Rica

En esta sección se analizan las variables meteorológicas de viento, temperatura y precipitaciones durante el mes de diciembre 2023 en el territorio nacional, utilizando datos registrados por la red de estaciones meteorológicas del Instituto Meteorológico Nacional.

3.1 Viento

A continuación se realiza un examen del historial de viento recopilado por las estaciones meteorológicas de los aeropuertos internacionales Juan Santamaría y Tobías Bolaños en el Valle Central, Daniel Oduber en el Pacífico Norte y el Internacional de Limón en el Caribe. Estos aeropuertos se consideran puntos representativos que reflejan el patrón de vientos característico en el país.

La tabla 2 presenta la velocidad media mensual y sus valores extremos en estos cuatro aeropuertos, mientras que en la figura 10 se pueden observar los valores medios diarios de la velocidad del viento.

Tabla 2: Algunas estadísticas del viento en los principales aeropuertos del país, en diciembre 2023.

	Ráfaga máxima (km/h)	Máximo promedio horario (m/s)	Máximo promedio diario (m/s)	Velocidad media (m/s)	Dirección predominante
Aerop. Juan Santamaría	65,0	20,0	25,6	14,4	Este
Aerop. Tobías Bolaños	73,8	27,6	26,1	22,1	Sureste
Aerop. Daniel Oduber	77,0	21,5	23,7	13,2	Sureste
Aerop. de Limón	45,7	12,9	13,5	8,7	Suroeste

Fuente: IMN.

Según la tabla 2 y las primeras dos figuras, los promedios horarios y diarios más altos del viento, se registraron en la estación de Pavas, alcanzando en una hora un promedio de hasta 27,0 m/s y un promedio diario máximo de 25,5 m/s. De los cuatro aeropuertos, fue en el de Pavas donde se alcanzó el promedio mensual más alto, de 27 m/s, pero las ráfagas más intensas fueron en Liberia con 77 km/h.

Por otro lado, a nivel nacional, los registros de promedios mensuales de viento más altos se encontraron en estaciones del Valle Central, pero las ráfagas máximas en Guanacaste.

Por otro lado, los primeros 23 días del mes el viento se presentó mucho más fuerte, con ráfagas de viento intensas, a partir del 24 de diciembre el viento fue más variable, teniendo condiciones de alisios de poca intensidad.

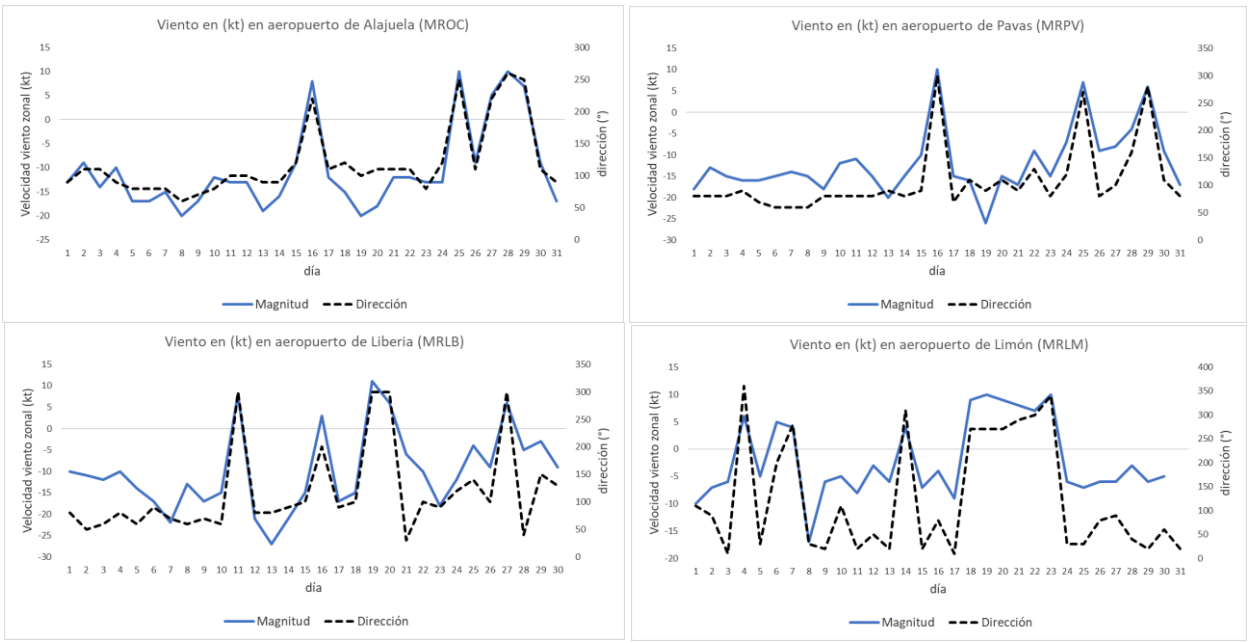


Figura 10. Promedio diario a las 12 md. de la rapidez del viento (kt) predominante, registrada en los aeropuertos Juan Santamaría (Alajuela), Tobías Bolaños (Pavas), Daniel Oduber Quirós (Liberia) y Limón, durante el mes de diciembre 2023. Las etiquetas muestran algunos valores de relevancia en Liberia. Fuente: IMN.

En cuanto a las ráfagas, los valores más altos se encontraron en las estaciones del Valle Central y Pacífico Norte, con valores de hasta 65 a 77 km/h en Liberia y en el aeropuerto Juan Santamaría (Alajuela). Esto es característico de este mes, en donde predominan alisios moderados y el alejamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

Las figuras 11-14 contienen, para cada estación aeroportuaria, el gráfico de la rosa de los vientos, la distribución de frecuencias de la velocidad media horaria, el promedio y su respectiva dirección predominante según la hora del día durante el mes de diciembre 2023.

Como se observa en dichas figuras, este mes presentaron condiciones variables, en Alajuela y Pavas, vientos predominantemente del este-sureste, entre moderados y fuertes, se puede observar que las velocidades horarias más altas suelen presentarse en las horas de calentamiento diurno, cuando el aire es menos denso y considerablemente más fuertes que las del mes previo.

En particular diciembre los vientos alisios tienden a incrementarse, como se observa, las ráfagas de viento máxima no superaron los 77 km/h en Liberia y ráfagas de hasta 73 km/h en el Valle Central. Se observa que en la estación de Alajuela y Pavas —en comparación con las otras estaciones aeroportuarias— el viento estuvo con mayor

variabilidad en cuanto a la dirección y su velocidad. En esta estación, en el promedio diario predominaron los vientos desde el noreste hasta el suroeste, con una celeridad media mensual de 12.6 m/s y un promedio diario máximo de 14.4 m/s; estando el 80 % del tiempo las celeridades entre 0.5 – 5.4 m/s y un 20 % entre 5.4 - 11 m/s (figura 11 y 12) en Alajuela y vientos frecuentemente más intensos en Pavas, con casi un 60 % de frecuencia entre 5.4 - 11 m/s.

La variación debido al ciclo diurno del viento no se nota en el aeropuerto de Pavas (MRPV), donde el viento se mantuvo predominantemente del este con velocidades promedios entre 15 - 20 m/s. Este cambio del viento debido al calentamiento diurno se observó marcadamente en el Pacífico Norte (Liberia) y el Caribe Sur (Limón).

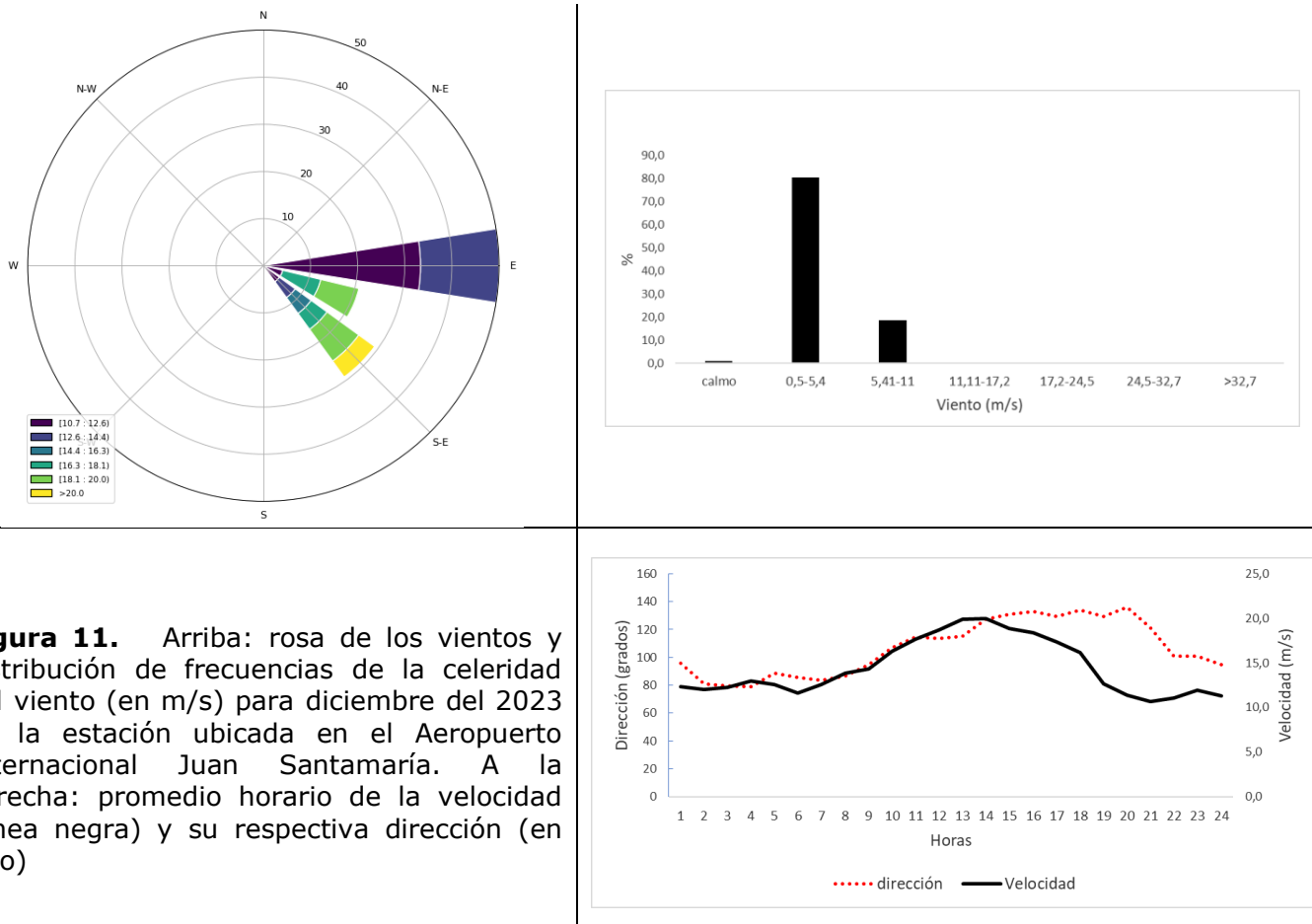
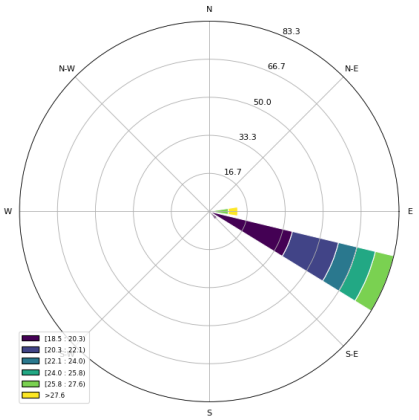


Figura 11. Arriba: rosa de los vientos y distribución de frecuencias de la celeridad del viento (en m/s) para diciembre del 2023 de la estación ubicada en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. A la derecha: promedio horario de la velocidad (línea negra) y su respectiva dirección (en rojo)



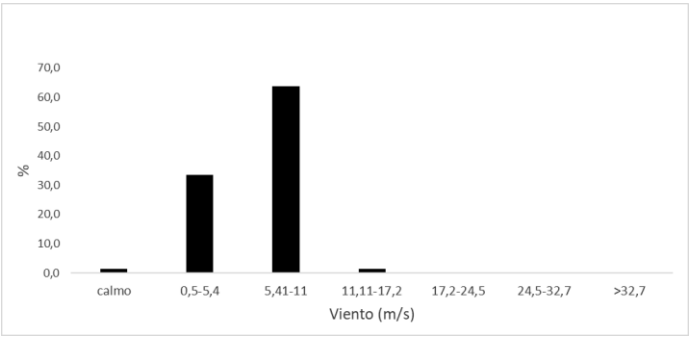
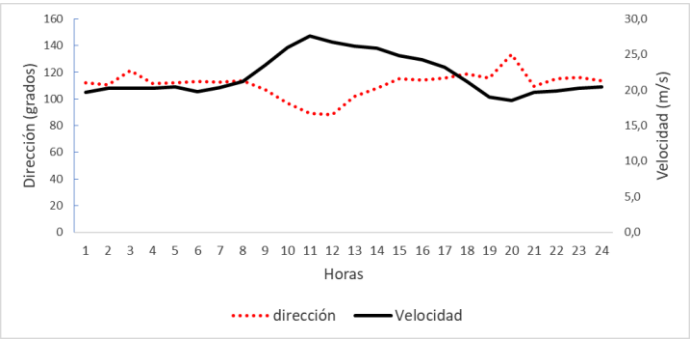
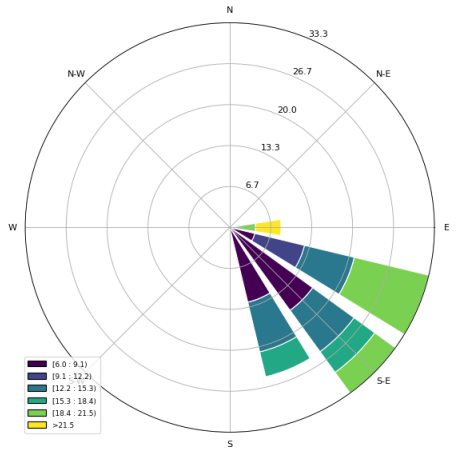


Figura 12. Arriba: rosa de los vientos (imagen a la izquierda) y distribución de frecuencias de la celeridad del viento (en m/s) para diciembre 2023 de la estación ubicada en el Aeropuerto Tobías Bolaños (Pavas). A la derecha: promedio horario de la velocidad (línea negra) y su respectiva dirección (en rojo).





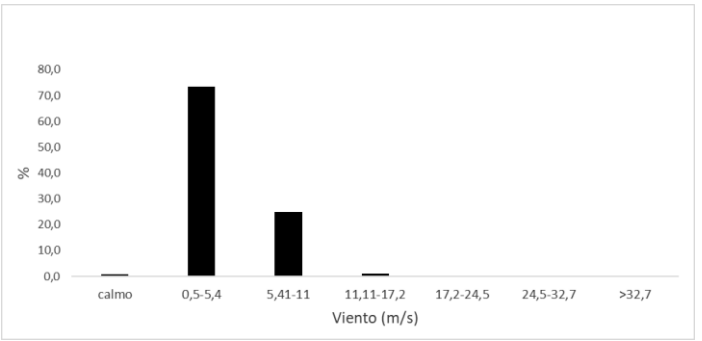
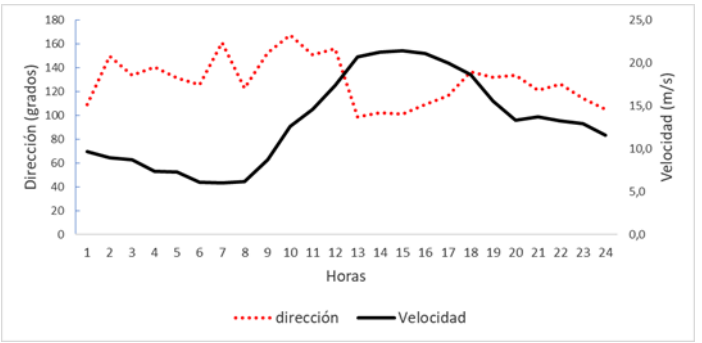


Figura 13. Arriba: rosa de los vientos y distribución de frecuencias de la celeridad del viento (en m/s) en diciembre 2023 de la estación ubicada en el Aeropuerto Internacional Daniel Oduber Quirós (Liberia). A la derecha: promedio horario de la velocidad (línea negra) y su respectiva dirección (en rojo).



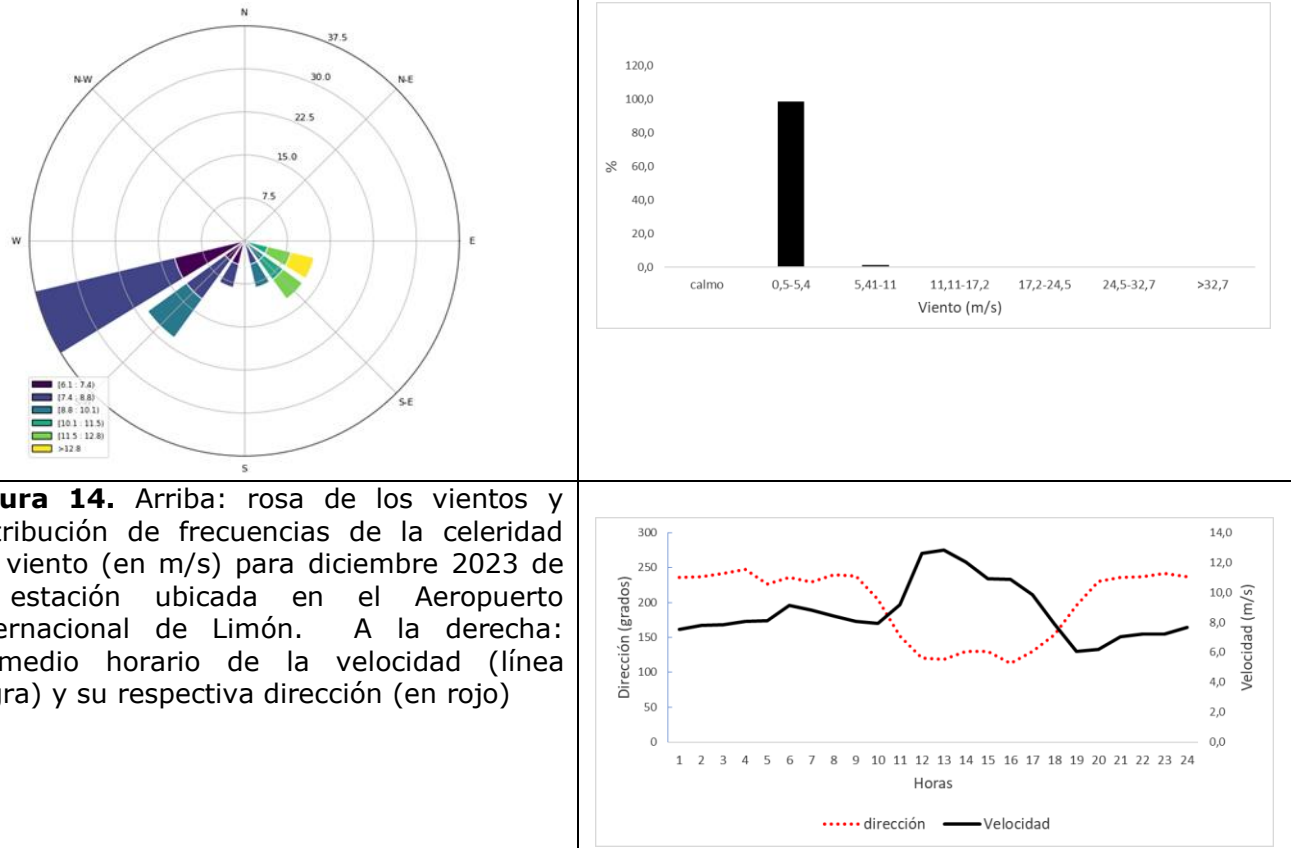


Figura 14. Arriba: rosa de los vientos y distribución de frecuencias de la celeridad del viento (en m/s) para diciembre 2023 de la estación ubicada en el Aeropuerto Internacional de Limón. A la derecha: promedio horario de la velocidad (línea negra) y su respectiva dirección (en rojo)

En Limón, entre las 11 a.m. y las 5:00 p.m., ocurrieron los vientos con mayor intensidad y con dirección este (E). El resto del día, la fuerza del viento disminuyó y se presentó con dirección del oeste-suroeste (SO), como consecuencia resultante de la brisa tierra-mar y un efecto local entre la orografía cercana a la costa y la intensidad del viento que, al chocar con las montañas regresa hacia la costa (efecto rotor). Lo anterior fue visiblemente más notorio que el mes previo, debido a que durante este mes climatológicamente se tiene el incremento de los alisios por el invierno del hemisferio norte.

Se pude determinar que en el Aeropuerto de Limón (vertiente del Caribe, figura 14) predominaron en este mes vientos del suroeste con una componente casi del oeste; sin embargo, en las horas de mayor calentamiento diurno los vientos fueron del este (figura 14). Aquí, la celeridad media mensual fue de 7.4 – 8.8 m/s con un promedio horario máximo de 11 m/s y diario de 12.8 m/s, presentándose este alrededor del mediodía.

En Limón, el 80% del tiempo las magnitudes permanecieron entre 0.5 m/s y 5.4 m/s, clasificados como vientos moderados, en Liberia hubo una mayor variabilidad, debido a que el viento se presentó un 70 % de veces entre 0.5 m/s y 5.4 m/s y alrededor de un

30% de veces entre 5.4 y 11 m/s. Se pudo evidenciar que en Pavas fue el aeropuerto más común que el registro del viento calmo, con velocidades mensuales de alrededor de 1.0 m/s o inferiores, en un 4 % de las veces. Hay que recalcar que, en general el viento en la mayor parte del país presentó valores predominantemente moderados, con mayor frecuencia de ráfagas que noviembre y con la presencia de alisios la mayor parte del mes.

3.2 Temperaturas

Para el análisis de temperaturas medias y extremas se utilizaron datos de 31 estaciones meteorológicas distribuidas en el territorio nacional (figuras 15-17), como representación de las condiciones en el país.

Al igual que en los meses anteriores, diciembre destacó por las altas temperaturas registradas en el territorio nacional: imperaron temperaturas más altas de lo climatológicamente esperado, tanto en los valores extremos como en los promedios diarios.

Los indicadores a nivel nacional se muestran en la tabla 3, donde es posible notar que las anomalías de las tres temperaturas (máxima, mínima y media) estuvieron por encima de lo normal, inclusive la anomalía de temperatura máxima superó 1°C.

Durante el mes de diciembre se presentaron dos nuevos récords de temperatura máxima, uno en la Cruz de Guanacaste y otro en Alajuela. La temperatura más alta se presentó en La Cruz de Guanacaste, con un valor de 34.7 °C.

Al igual que en el mes de noviembre, durante diciembre, en la mayoría de todas las estaciones de monitoreo las desviaciones de las temperaturas máximas estuvieron por encima de los 0 °C, solamente una estación estuvo por debajo de lo normal (anomalía -0.1°) en el Caribe Sur. La anomalía positiva más sobresaliente alcanzó los +1.9 °C sobre su climatología, que se presentó en la Valle Central (figura 15).

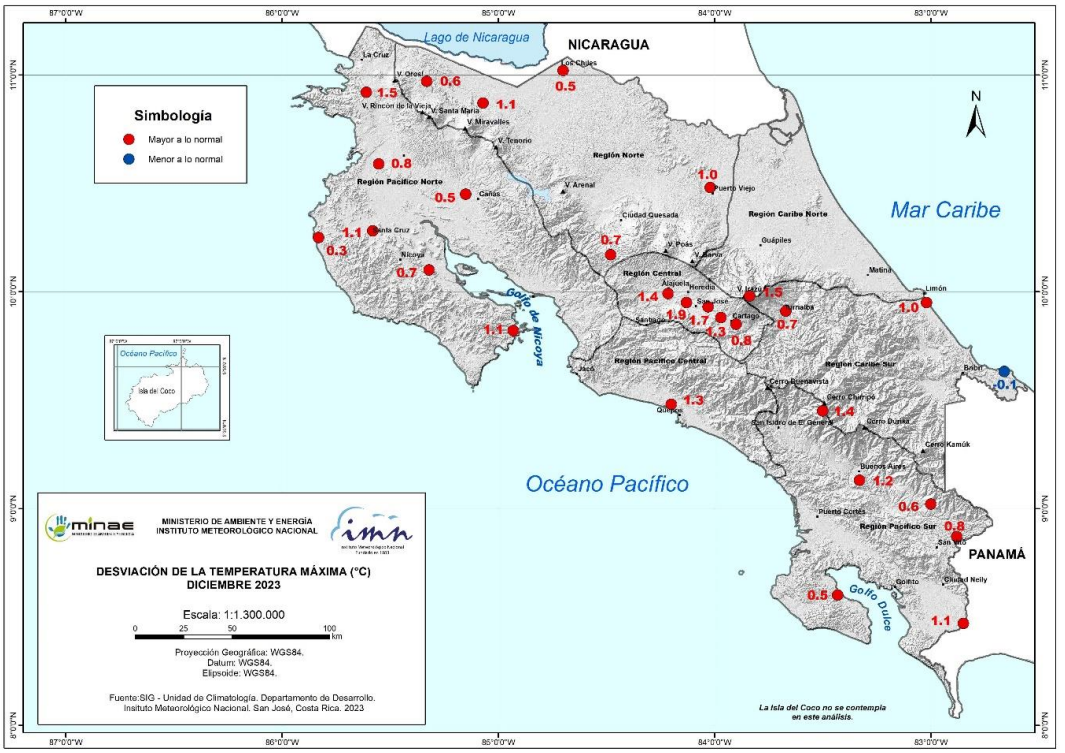


Figura 15. Mapa de anomalías mensuales del promedio de las temperaturas máximas (°C) diarias del mes de diciembre 2023. Fuente: IMN.

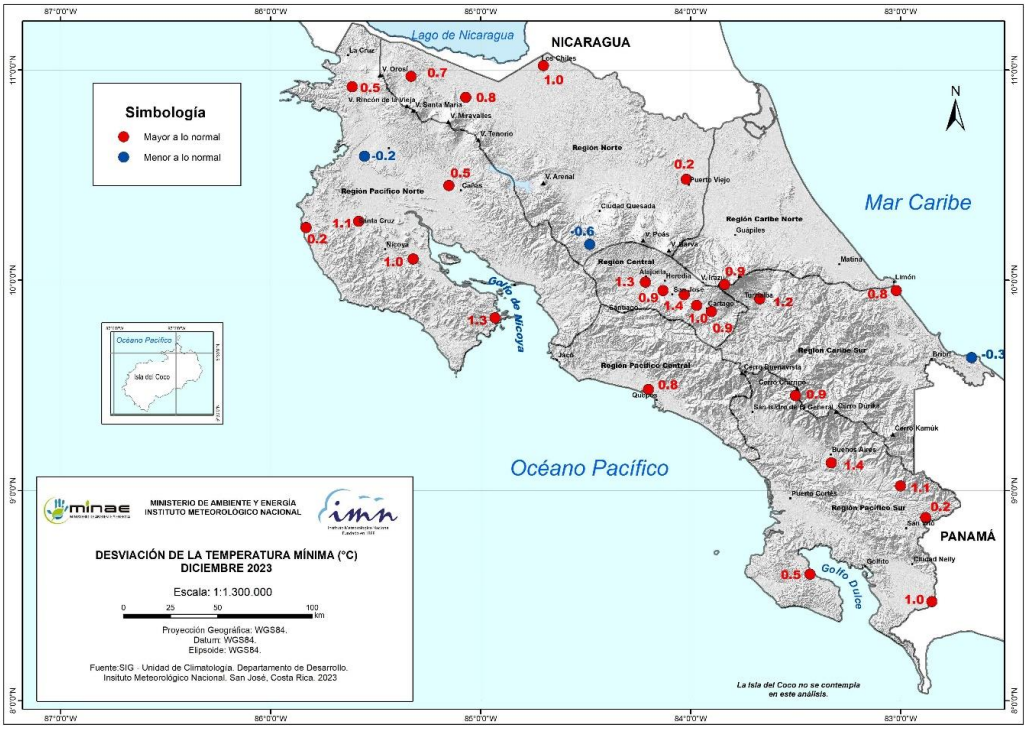


Figura 16. Mapa de anomalías mensuales del promedio de las temperaturas mínimas (°C) diarias del mes de diciembre 2023. Fuente: IMN.

Con respecto a las temperaturas mínimas (figura 16) se observa un comportamiento muy similar a las máximas, donde solamente tres estaciones estuvieron por debajo de lo normal, el resto del país mantiene temperaturas mínimas por encima de lo normal. Este mismo patrón de temperaturas por encima de lo normal en todo el país se observa para la temperatura media (figura 17).

La figura 18 muestra las anomalías de la temperaturas extremas y temperatura media (°C) del mes de diciembre 2023. En esta figura, las desviaciones de temperatura se presentan por región climática y con tres barras horizontales para cada estación: la de color rojo representa la temperatura máxima, en color azul la temperatura mínima, y en gris la temperatura media; de manera que, si se encuentran a la derecha del eje vertical es una anomalía positiva, y a la izquierda del eje, una negativa. En esta figura se observa el predominio de las anomalías positivas tanto en las temperaturas extremas como en la media en todo el país, comportamiento que ha sido característico en el país desde el mes de mayo. Para el caso del Caribe Norte, los datos no se encuentran disponibles.

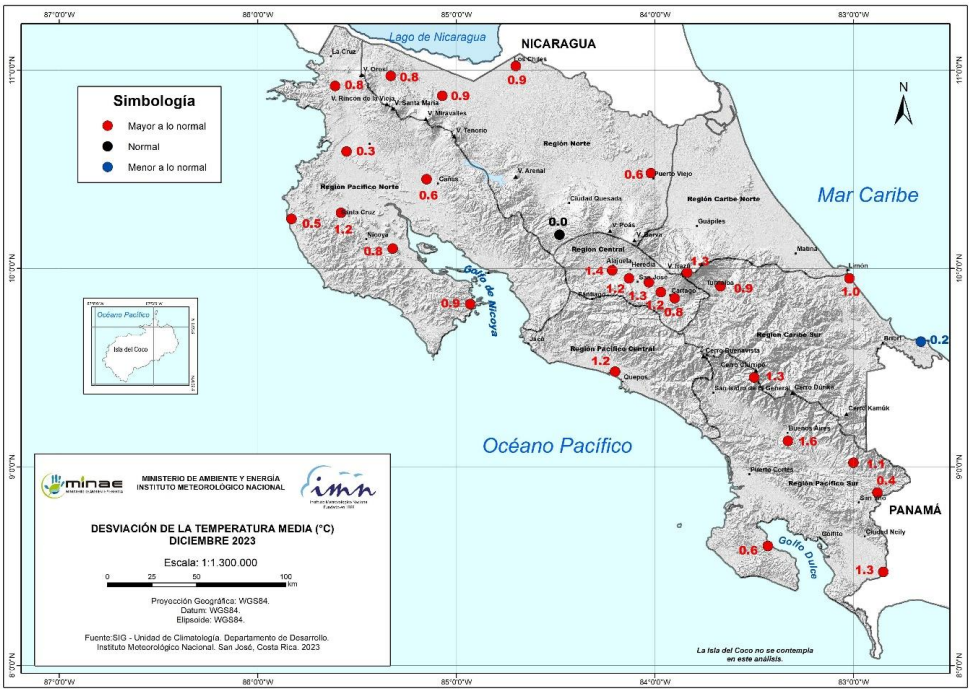


Figura 17. Mapa de anomalías mensuales del promedio de las temperaturas medias (°C) diarias del mes de diciembre 2023. Fuente: IMN

Tabla 3. Indicadores de la temperatura en Costa Rica en diciembre de 2023. La anomalía es la diferencia con respecto a una climatología variable entre 10-30 años.

Indicador estadístico	Valor (°C)
Media Mensual	22,9
Máxima promedio	28,3
Mínima promedio	19,2
Máxima absoluta del mes	35,6
Mínima absoluta del mes	1,3
Anomalía de temperatura media	0,9
Anomalía de temperatura máxima	1,1
Anomalía de temperatura mínima	0,7

Fuente: IMN

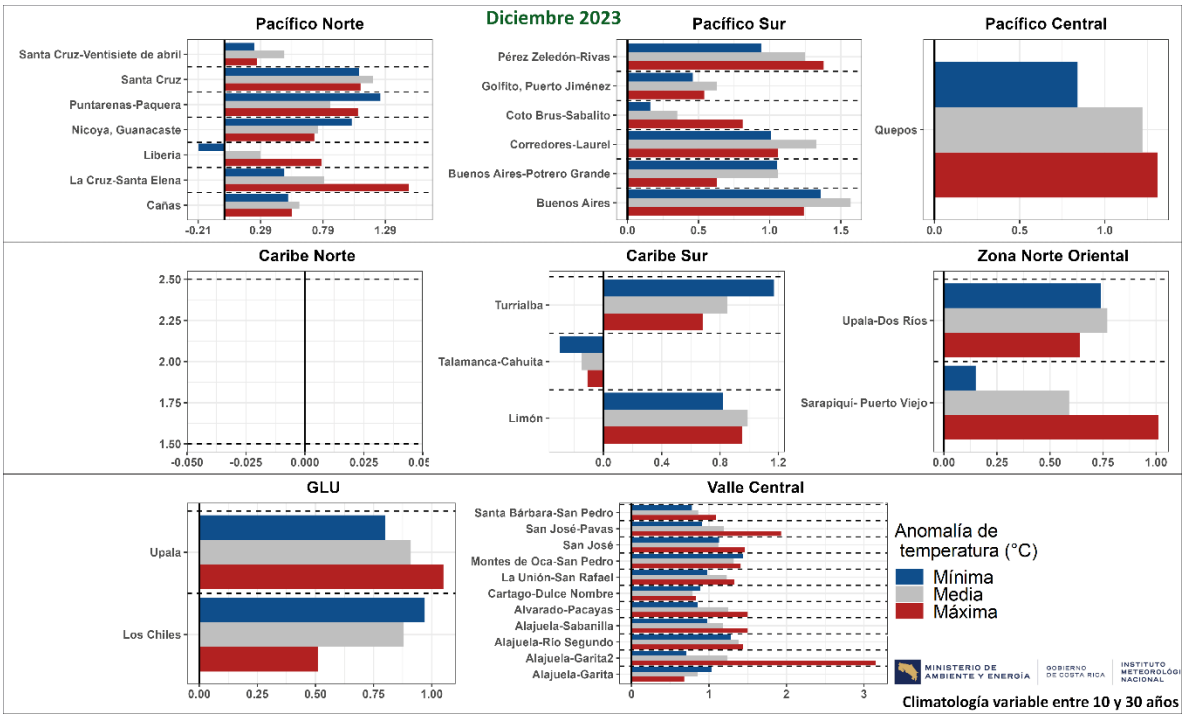


Figura 18. Anomalías de la temperaturas extremas y media (°C) del mes de diciembre 2023, por región climática. Las barras horizontales representan las anomalías de temperaturas por estación (color rojo para la temperatura máxima, color azul para la temperatura mínima, y color gris para la temperatura media), de manera que, si se encuentran a la derecha del eje vertical representa una anomalía positiva, y a la izquierda del eje, una anomalía negativa. El eje horizontal indica la magnitud de la anomalía. Fuente: IMN,

Tabla 4. Récords de temperatura máxima que se presentaron en diciembre 2023, para la serie de datos de los meses de agosto.

Ubicación	Temperatura máxima (°C)
La Cruz, Guanacaste	34,7
Alajuela, Alajuela	33,5

La temperatura media y la variación diaria de las temperaturas extremas registradas en los aeropuertos más importantes del país se aprecian en la figura 19. Esta muestra que el mes inició con temperaturas más altas de lo normal (tanto la máxima como la mínima). A lo largo del mes se dan algunas caídas de la temperatura máxima con respecto a la climatología, sin embargo, predomina el patrón por encima de lo normal. La figura 20 grafica las temperaturas extremas y media de los últimos doce meses en estos aeropuertos. En general, las temperaturas más elevadas se han presentado a partir mayo, mes que mostró las temperaturas más altas en los últimos doce meses, a excepción de Limón, donde la temperatura máxima más alta se dio en junio. En el caso de Limón, se observa que la temperatura media presenta una disminución entre noviembre y diciembre, de igual forma la temperatura mínima para Liberia y Limón.

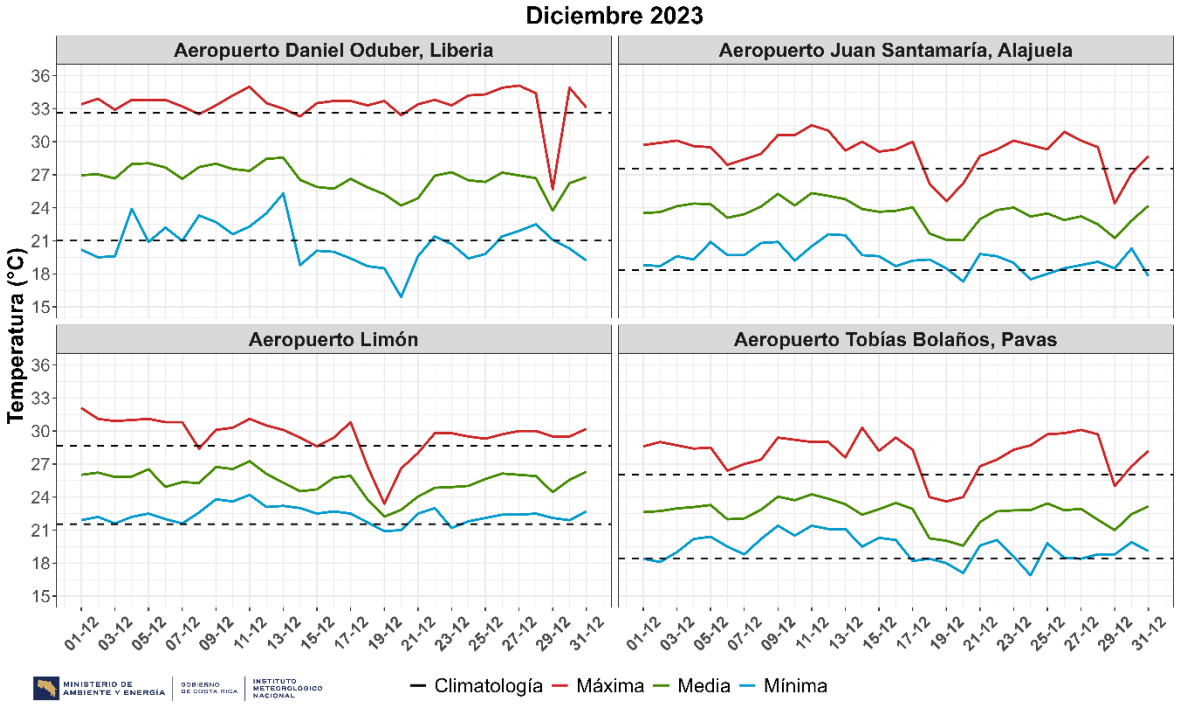


Figura 19. Temperaturas extremas y media registrada cada día del mes de diciembre 2023 en los principales aeropuertos del país. Las líneas a trazos muestran el valor de las extremas climatológicas del mes. Fuente: IMN.

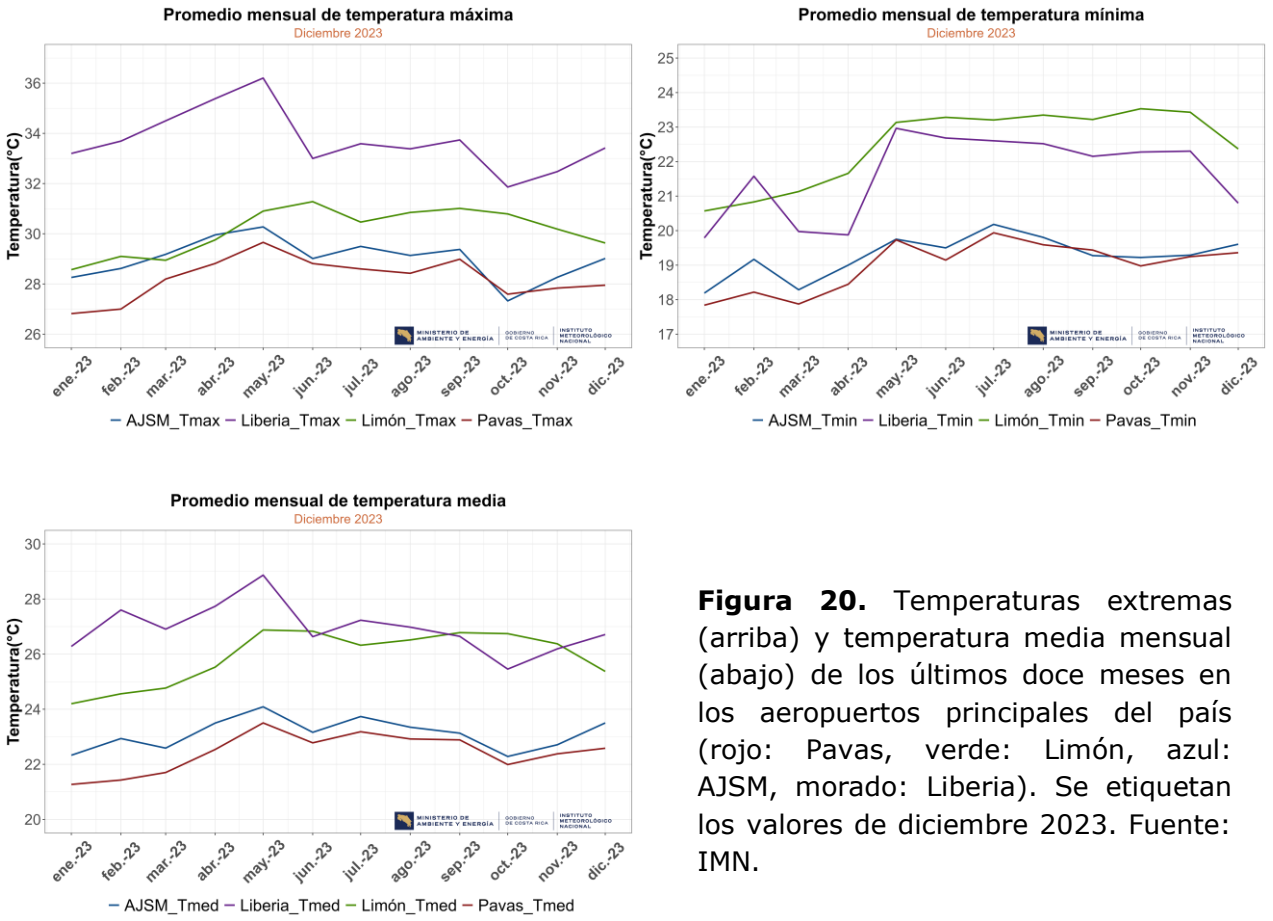


Figura 20. Temperaturas extremas (arriba) y temperatura media mensual (abajo) de los últimos doce meses en los aeropuertos principales del país (rojo: Pavas, verde: Limón, azul: AJSM, morado: Liberia). Se etiquetan los valores de diciembre 2023. Fuente: IMN.

La imagen izquierda de la figura 21 compara la temperatura media horaria y la sensación térmica (temperatura aparente) en el mes de diciembre de los cuatro aeropuertos. Para este mes, los aeropuertos de Liberia y Limón presentan una sensación térmica mayor que la temperatura media, en cambio, en Pavas y Alajuela, la sensación térmica fue menor que el valor de temperatura media.

A diferencia de los meses anteriores, en Pavas el ciclo diurno se vio marcado por una sensación térmica (temperatura aparente) menor que la temperatura media, asimismo, los valores de humedad estuvieron más bajos que los meses anteriores (imagen superior de la figura 22), Mientras que, en Liberia la sensación de térmica ha sido más elevada que la temperatura del aire a lo largo de todo el día (imagen inferior, figura 22).

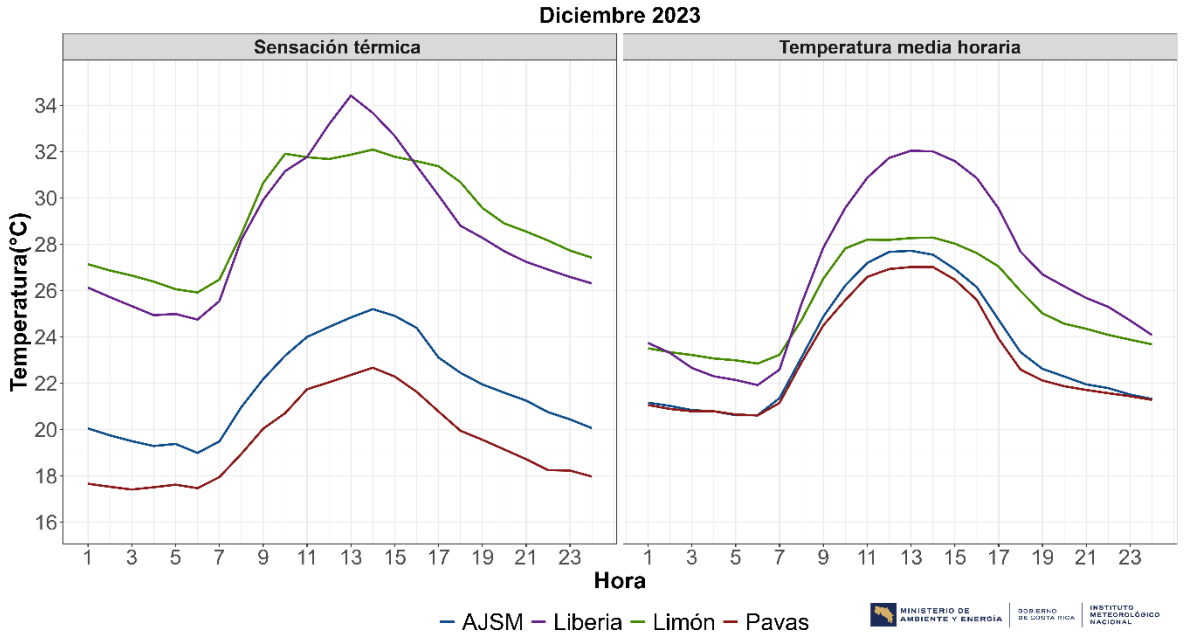


Figura 21. Izquierda: sensación térmica media horaria (temperatura aparente, °C). Derecha: temperatura media horaria (°C) en los aeropuertos principales del país, para el mes de diciembre 2023. Se etiquetan los valores más altos en algunas de las estaciones (rojo: Pavas, verde: Limón, azul: AJSM, morado: Liberia). Fuente: IMN.

Según los informes de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica de EEUU (NOAA, por sus siglas en inglés), los datos a nivel mundial de las anomalías de temperatura para los meses de diciembre —del sistema tierra-océanos, con referencia al promedio del siglo XX—, muestran que diciembre de este año ha sido el más caliente desde que se iniciaron las mediciones a nivel global en el año 1850 (figura 23), con una anomalía de 1,38 °C, siendo la más alta de todo el registro.

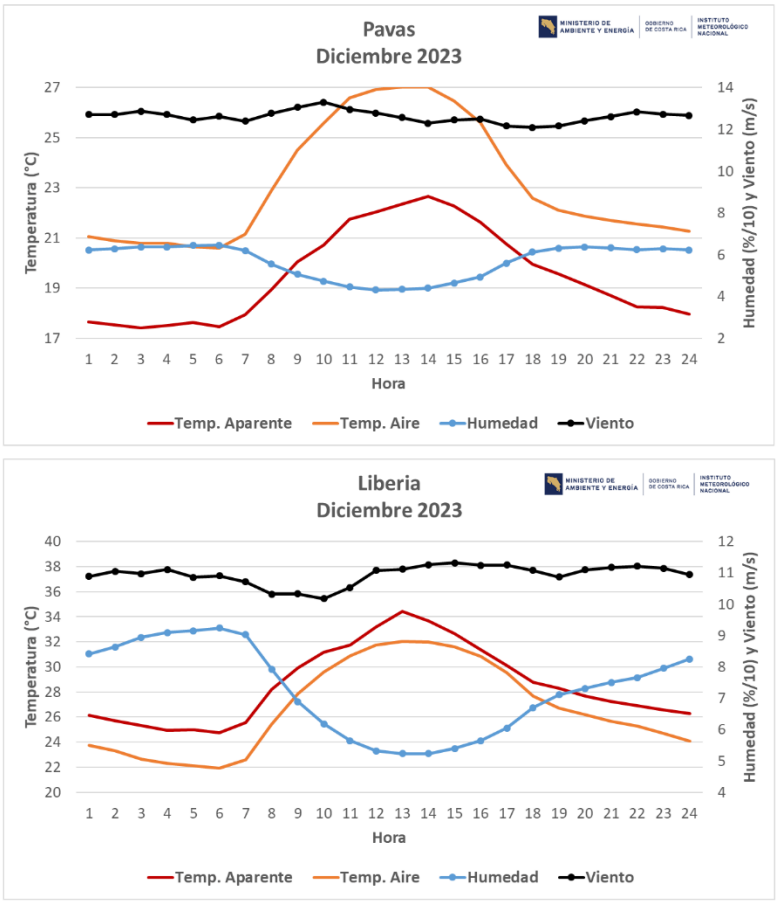


Figura 22. Temperatura media horaria (°C) y la sensación térmica media horaria (temperatura aparente, °C) en los aeropuertos de Pavas (arriba) y Liberia (abajo), para el mes de diciembre 2023. Se etiquetan los valores más altos en algunas de las estaciones. Fuente: IMN

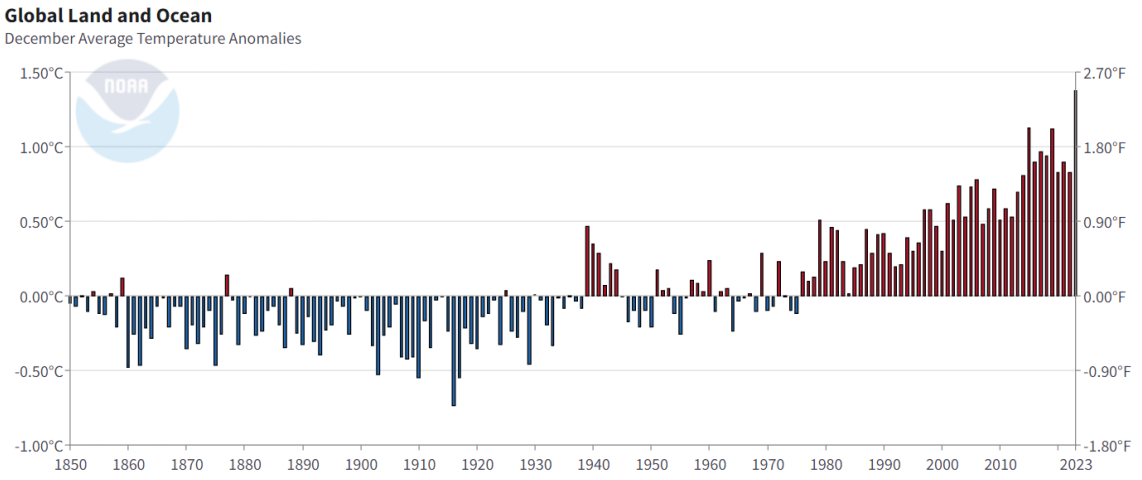


Figura 23. Anomalías de la temperatura media a nivel global (eje vertical), considerando el sistema tierra y océanos, para los meses de diciembre según los registros desde 1900 (eje horizontal). Las anomalías son con respecto al promedio 1901-2000. Fuente: NOAA.

3.3 Precipitación

En la figura 24 es posible observar la lluvia acumulada durante el mes de diciembre, En general, las principales precipitaciones se presentaron en las regiones del Caribe, Zona Norte y Pacífico Sur, con acumulados entre los 100 mm y 500 mm. Los puntos donde se observa mayor precipitación pertenecen a la Región Norte y Caribe Norte. En la figura 25, se puede notar que para este mes las regiones del Pacífico Norte, el sur del Pacífico Sur, Valle Central, sectores sur tanto de la Zona Norte Oriental como la Occidental y el Caribe Norte presentaron déficit de precipitación, mientras que sectores del norte de la Zona Norte, el Pacífico Central, el Pacífico Sur y Caribe Sur estuvieron en rangos entre lo normal y arriba de lo normal. Asimismo, la menor cantidad de días con lluvia se dio en el Pacífico Norte, Central y Sur junto a la Región Central (figura 26), y vemos que solo en Puerto Viejo de Sarapiquí se reportaron montos mayores a los 100 mm en un día (figura 27).

Seguidamente, la figura 28 expone la distribución de lluvia diaria durante el período de análisis en las estaciones de los aeropuertos principales del país. Aquí, se visualiza que la estación de Limón es la que presenta la mayor cantidad de lluvia **(264 mm)**. En cuanto a los otros aeropuertos, vemos que durante este mes se dieron bastantes días sin lluvia, los mayores acumulados no superaron los 30 mm. Los acumulados mensuales para estas estaciones fueron: Alajuela **(33,8 mm)**, Pavas **(28,4 mm)** y Liberia **(2,4 mm)**.

A continuación, se presenta una descripción referente a los acumulados de lluvia del mes en estudio según las regiones climáticas (ver figuras 24, 25 y 29).

Región Central: en general, la región presentó anomalías negativas, esto quiere decir que estuvo por debajo del promedio de lluvia, con una anomalía promedio de -36%, En el mapa de anomalías se puede observar que, espacialmente, la región en su mayoría tuvo condiciones deficitarias, con rangos entre los -10% hasta los -60% de anomalía.

Pacífico Norte: esta región presentó en promedio una anomalía de -74% por debajo de lo normal, En el mapa de anomalías se observa que este déficit se presenta en toda la región, con anomalías de hasta -100%.

Pacífico Central: en promedio, la región tuvo una anomalía de 18%, Según el mapa de anomalías, prácticamente toda la región estuvo en condiciones normales (norte) y arriba de lo normal (cerca de la costa).

Figura 24. Mapa del acumulado de lluvia (mm) para el mes de diciembre 2023. Fuente: IMN.

Pacífico Sur: esta región estuvo dentro de lo normal (anomalía: 2%). El mapa de anomalías muestra que solamente el sur de la región presentó condiciones deficitarias, el resto se mantuvo con condiciones arriba de lo normal y dentro de lo normal.

Regiones del Caribe: en el Caribe Norte continúa con un déficit de lluvia, el promedio de anomalía fue de -31 % y tal como se observa en el mapa de anomalías, el déficit se extiende por toda la región. Por su parte, el Caribe Sur presenta condiciones por debajo de lo normal para este mes (anomalía -22 %), sin embargo, el mapa de anomalías indica que espacialmente, estas anomalías estuvieron distribuidas en: condiciones dentro de lo normal y por arriba de lo normal en la parte central y cerca de la zona de Bribrí. Por el contrario, cerca del límite con la región Caribe Norte las condiciones fueron deficitarias.

Zona Norte: la Zona Norte Oriental presentó condiciones deficitarias, con una anomalía promedio de -35 %. En el mapa de anomalías se puede observar que, espacialmente estas anomalías estuvieron al norte dentro de lo normal, hacia la zona de Ciudad Quesada, volcán Arenal (La Fortuna, San Carlos) y volcán Poás, con déficits de hasta 60 %. En el caso de la región GLU (Zona Norte occidental: Guatuso, Los Chiles y Upala), las condiciones se mantuvieron en promedio dentro de lo normal (anomalía: 10%), lo cual se observa bastante claro en el mapa de anomalías.

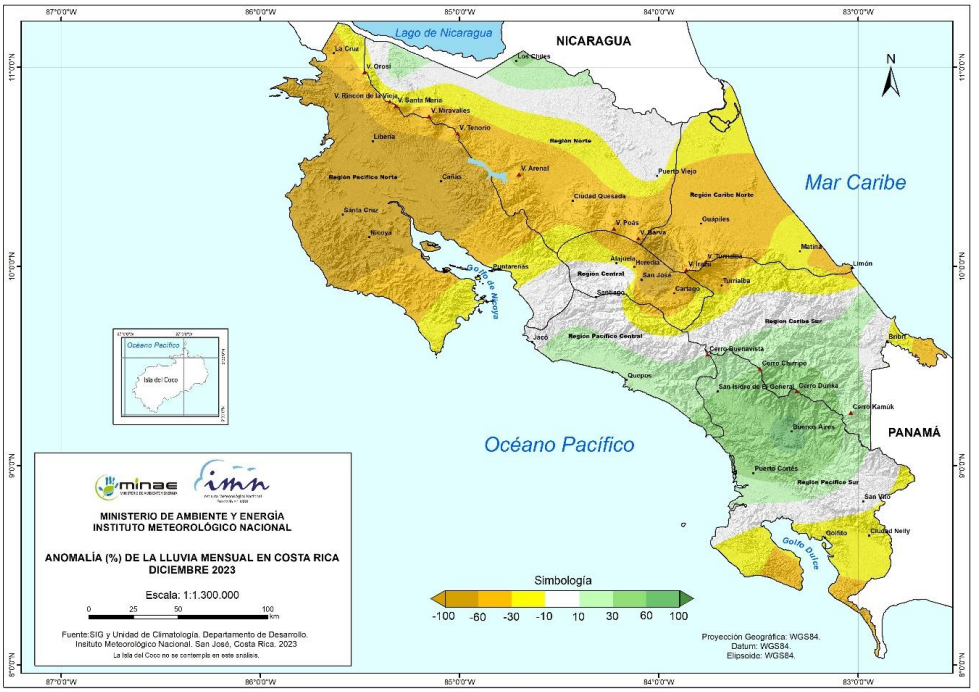


Figura 25. Anomalía (%) de la lluvia acumulada en diciembre 2023. Fuente: IMN.

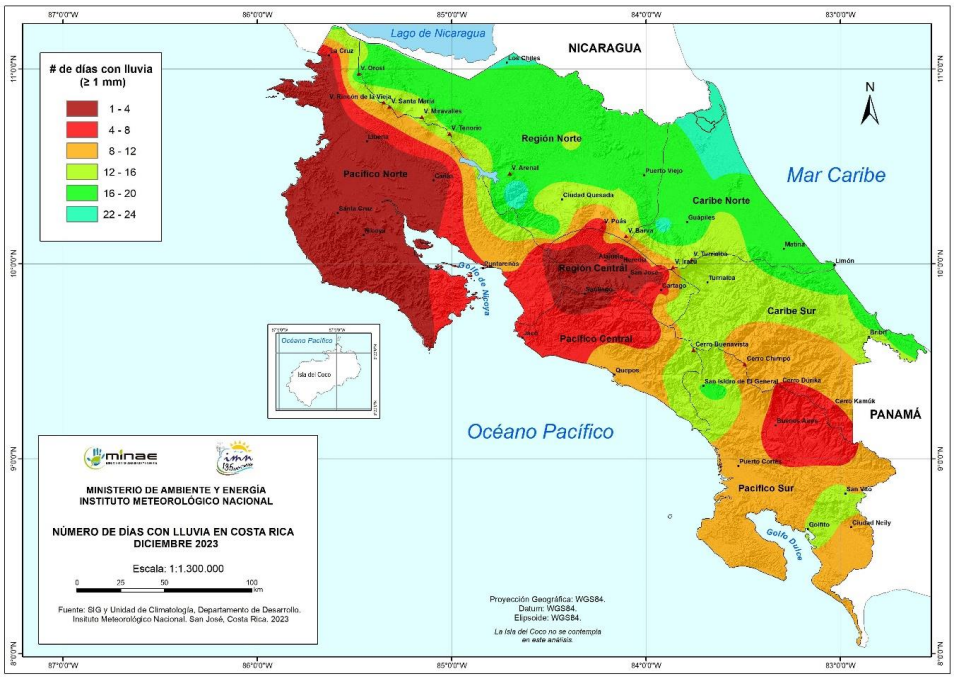


Figura 26. Días con lluvia mayor o igual a 1 mm en diciembre 2023. Fuente: IMN.

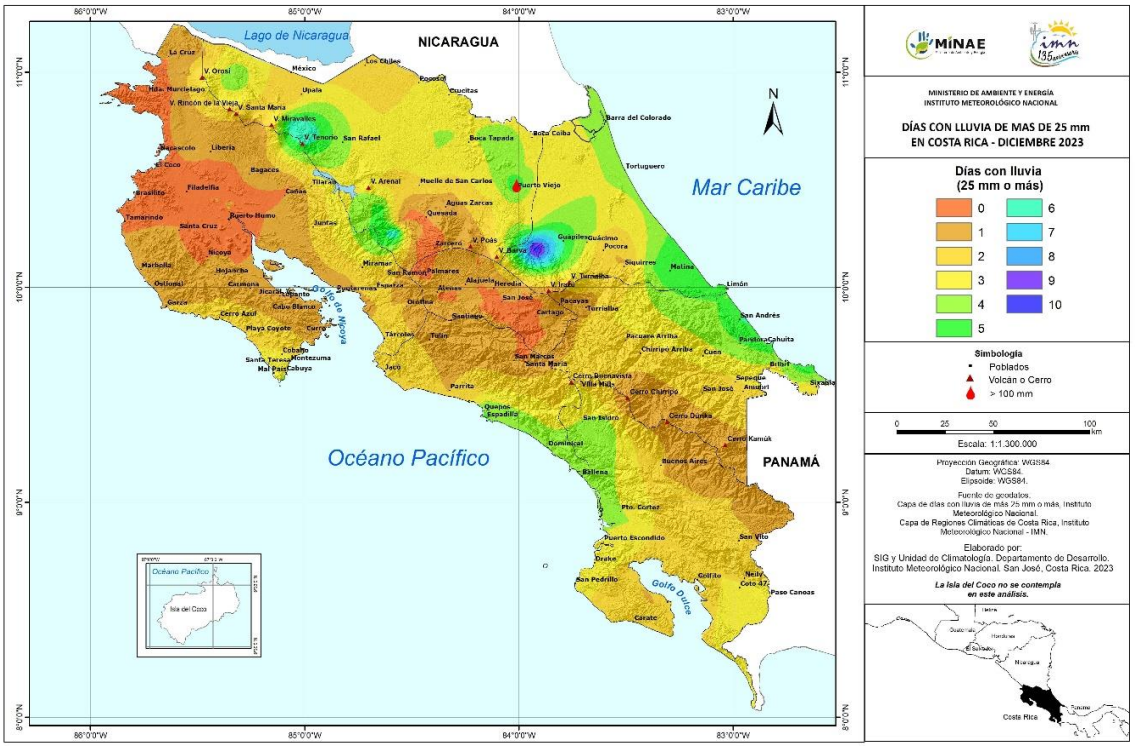


Figura 27. Días con lluvia mayor o igual a 25 mm en diciembre 2023. Fuente: IMN

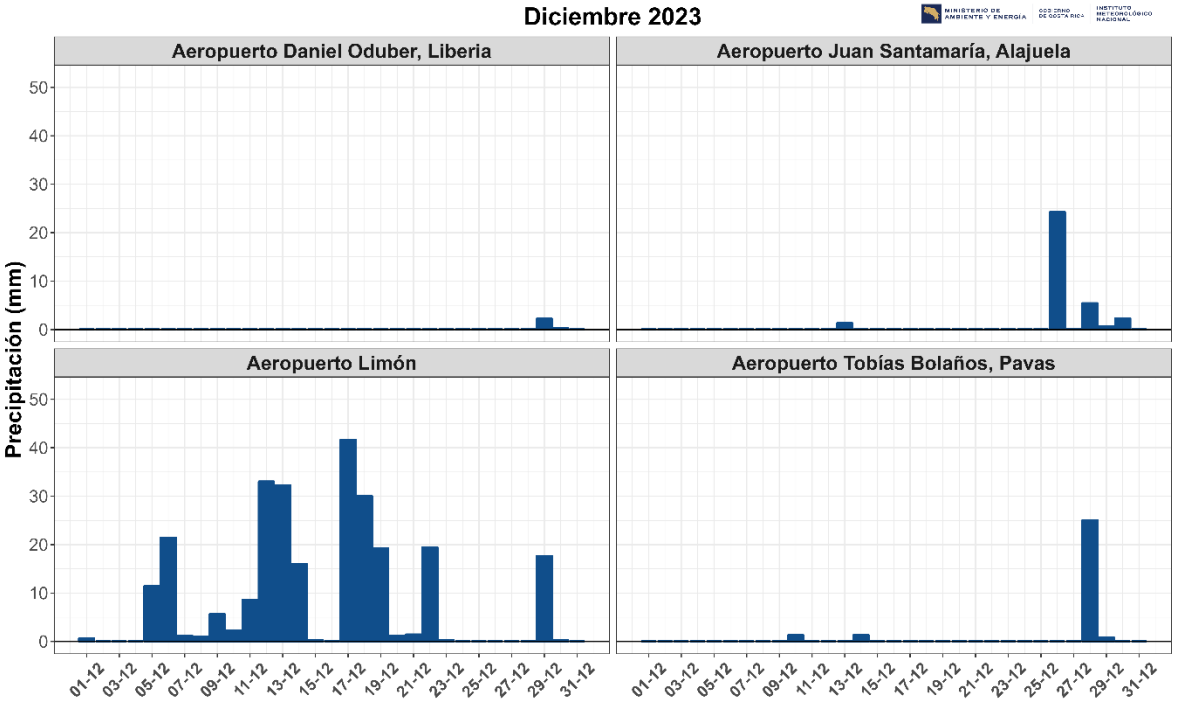


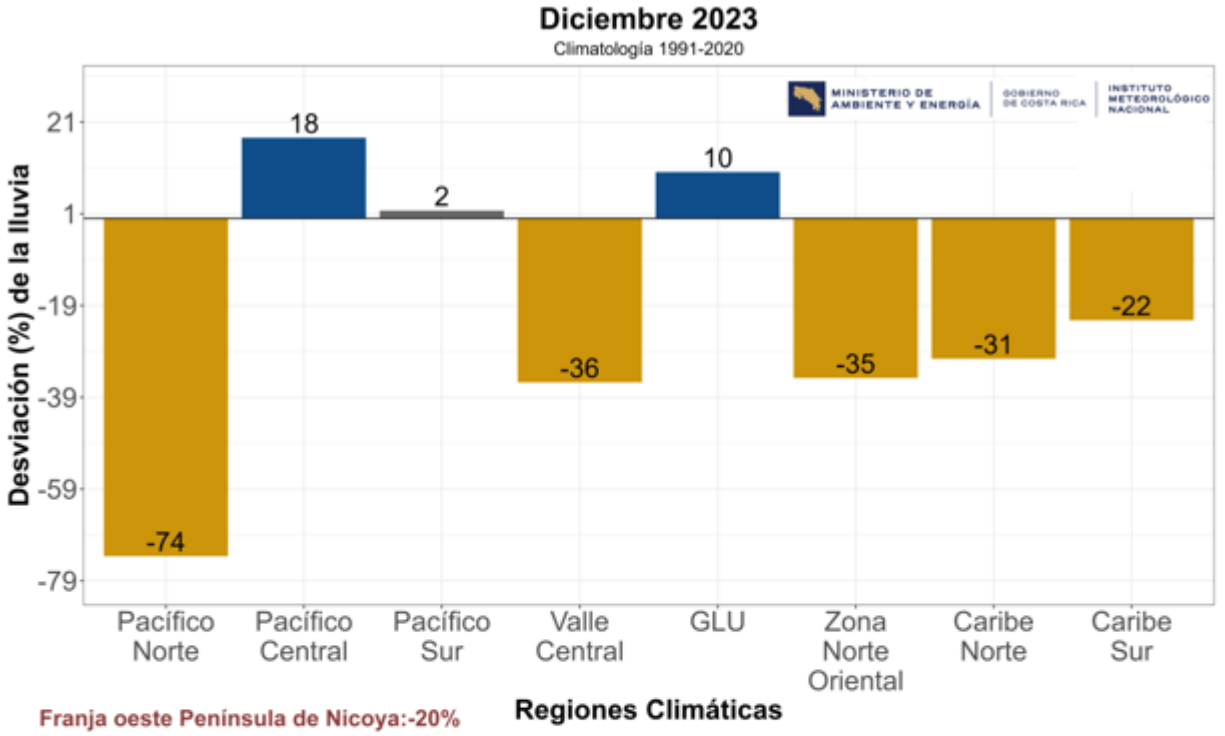
Figura 28. Distribución diaria de lluvia (mm) durante el mes de diciembre 2023, para las estaciones de los aeropuertos principales del país. Fuente: IMN.

De enero a diciembre (figuras 30 y 31) se observa que la región con mayor déficit de precipitación sigue siendo el Caribe Norte, donde la anomalía alcanza -43%, seguido por el Caribe Sur con -26%, Solamente Pacífico Sur y Valle Central están dentro de lo normal, con anomalías de -2% y 0%, respectivamente. El resto de las regiones mantienen déficits de lluvia entre -10% y -21%. En el mapa de anomalías se puede notar que el Pacífico Norte se encuentra dividido, al norte predominan las condiciones deficitarias (Liberia, La Cruz, Santa Elena) y en las zonas de Santa Cruz y península de Nicoya predominan las condiciones normales. En general se ha venido observando un déficit de precipitación (sequía meteorológica) en la región Caribe desde el año 2021,

Por otro lado, el SPI (Índice de Precipitación Estandarizada) es utilizado para cuantificar condiciones de sequía o de excesos de humedad en diferentes escalas de tiempo. Este índice compara el total de precipitación para el intervalo elegido con la distribución histórica de precipitación para ese intervalo.

De acuerdo con el SPI, para el mes de diciembre muestra condiciones desde moderadamente lluvioso hasta severamente seco (figura 32, izquierda). En la mayoría de los casos, el SPI reporta condiciones normales, inclusive en las regiones del Caribe. Algunas de las zonas que presentaron condiciones más lluviosas están Buenos Aires de Puntarenas, Turrialba de Cartago y Sabanilla de Alajuela.

Para los últimos 3 meses (figura 32 derecha), de octubre a diciembre, el SPI señala condiciones secas principalmente en la Zona Norte y regiones del Caribe. El resto del país ha mantenido condiciones desde normales hasta extremadamente lluviosas, La estación de monitoreo que presentó las condiciones más lluviosas se encuentra en Cuajiniquil de Santa Cruz (Guanacaste).



Clino 1991-2020	Climatología
Región	Lluvia (mm)
Caribe Norte	395
Caribe Sur	301
Valle Central	66
Pacífico Norte	27
Pacífico Sur	182
Pacífico Central	156
Zona Norte	298
GLU	189

Figura 29. Superior: Porcentajes de anomalías de lluvia por región climática de Costa Rica en diciembre de 2023 (GLU corresponde a una subregión que abarca las zonas de Guatuso, Los Chiles y Upala). Inferior: Climatología de la lluvia para el mes de diciembre, de los años 1991-2020 (Clino), según la región climática. Fuente: IMN

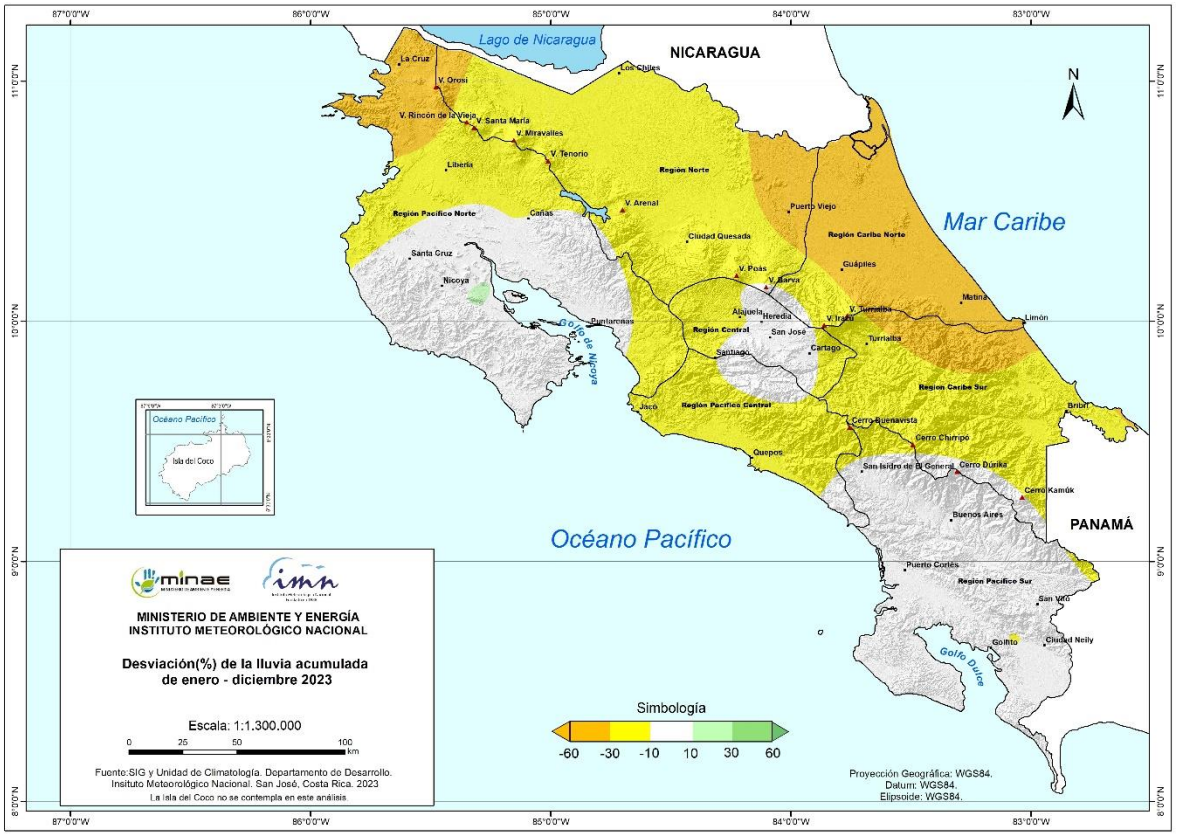


Figura 30. Anomalía (%) del total de lluvia acumulada de enero-diciembre 2023.Fuente: IMN.

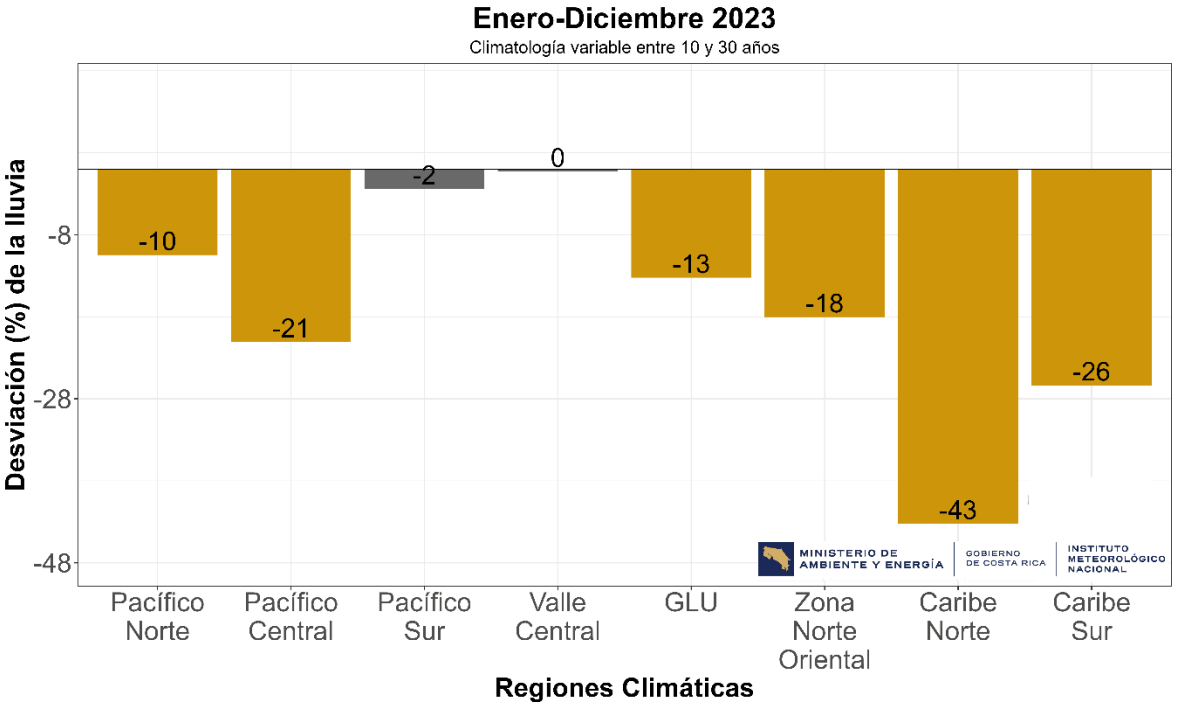


Figura 31. Porcentaje de anomalía de lluvia acumulada de enero a diciembre 2023. Fuente: IMN.

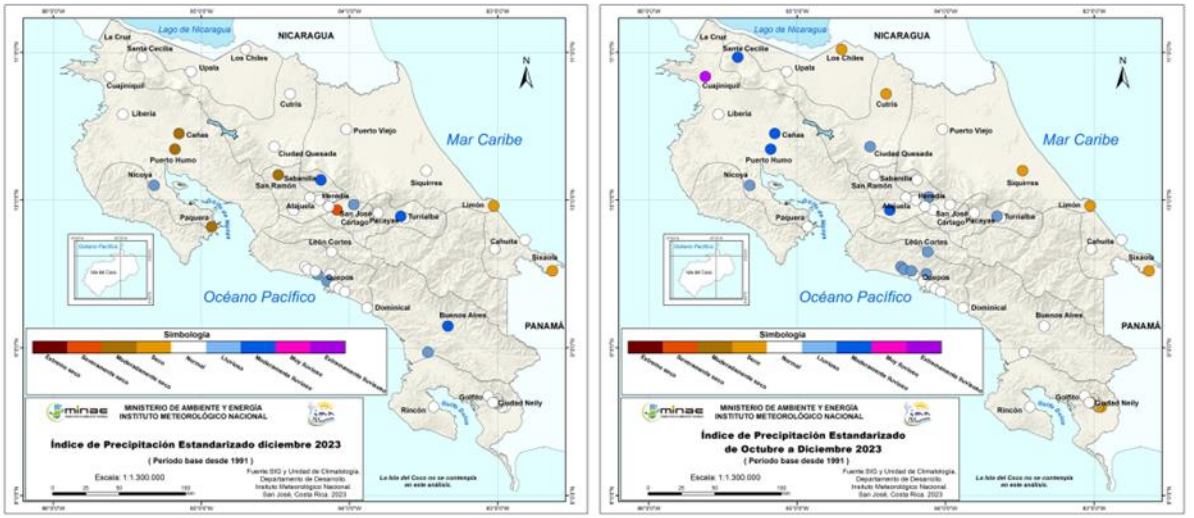


Figura 32. Índice de sequía SPI para diciembre 2023 (izquierda) y de los últimos tres meses (de junio a octubre, imagen derecha). Se muestran según la región climática del país. Fuente: IMN.