

# TÓPICOS METEOROLÓGICOS Y OCEANOGRÁFICOS

Ministerio de Ambiente y Energía - Instituto Meteorológico Nacional

Número **2**  
ISSN 2953-738X

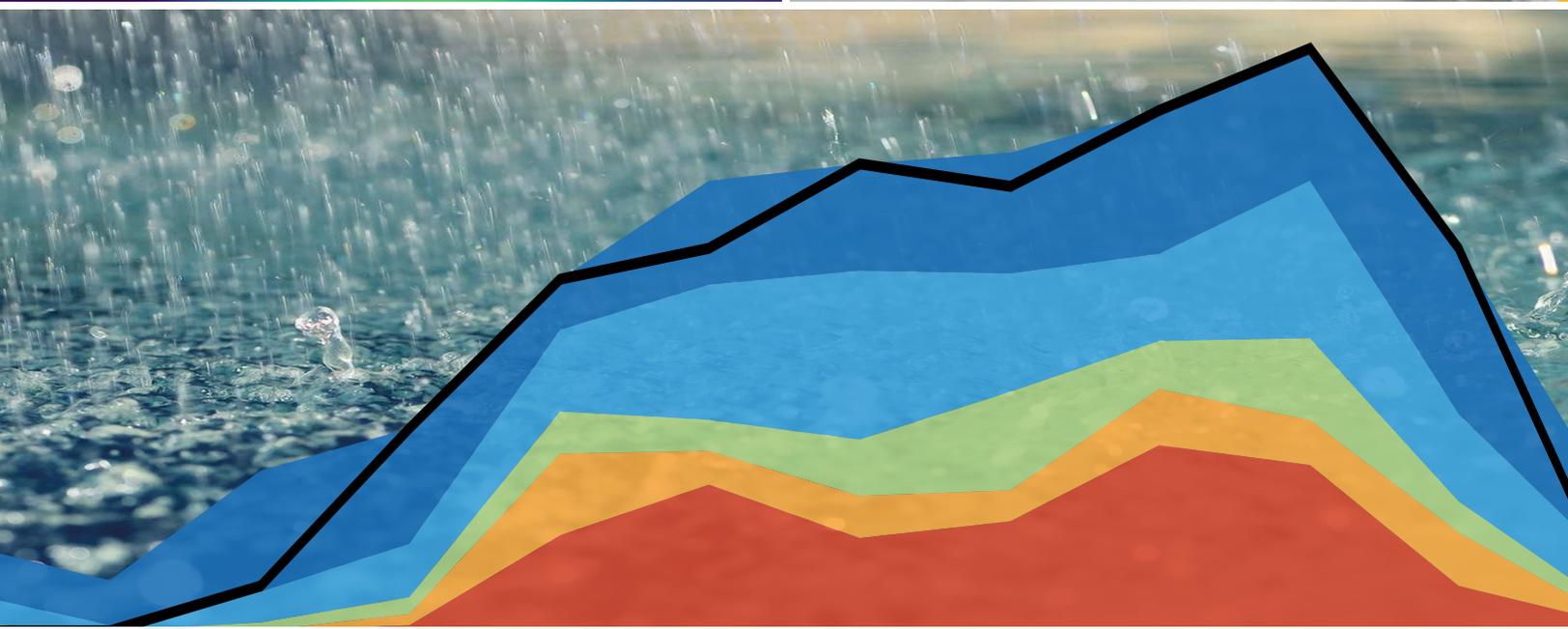
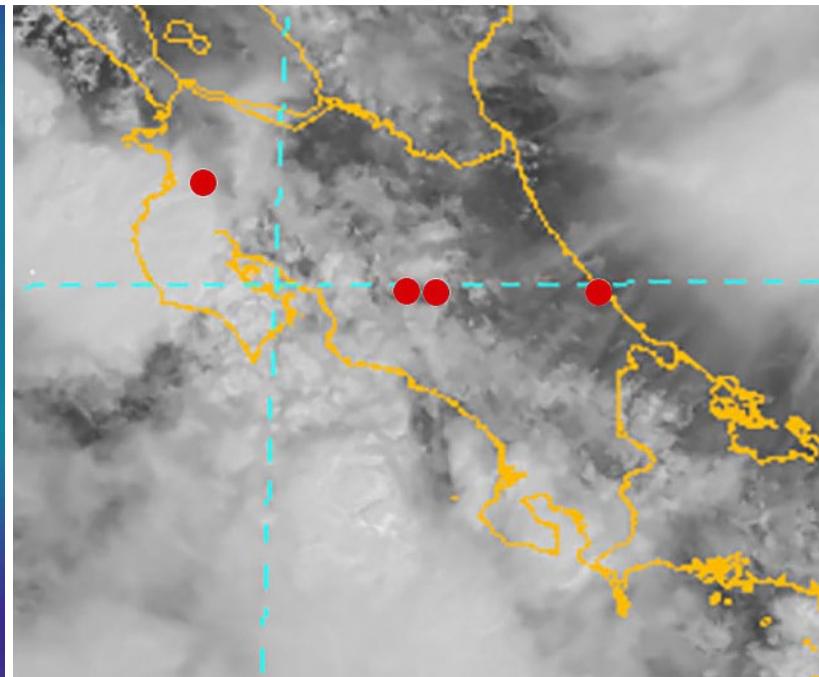
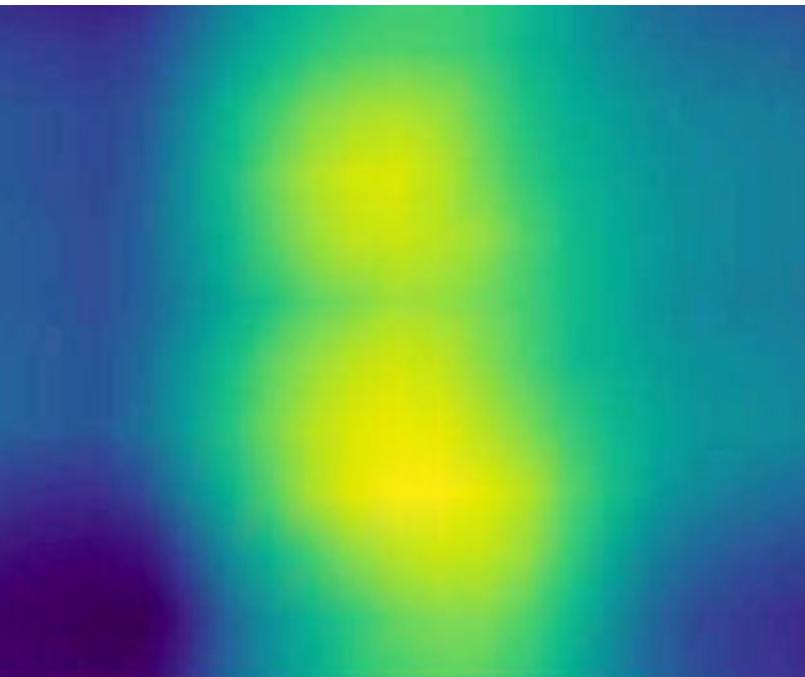


Instituto Meteorológico Nacional  
Fundado en 1888

ISSN 2953-738X

Volumen 19

Diciembre 2020



San José, Costa Rica

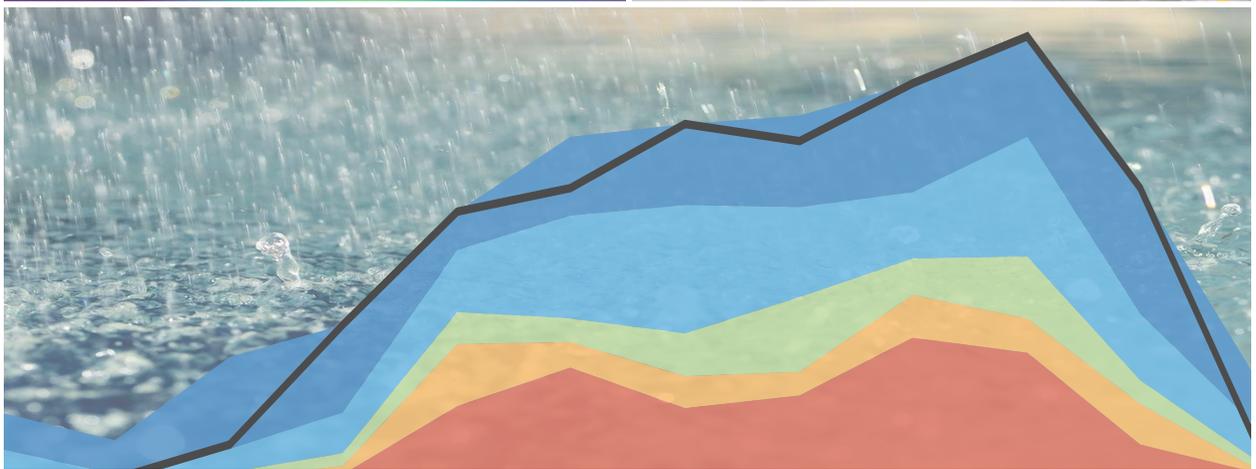
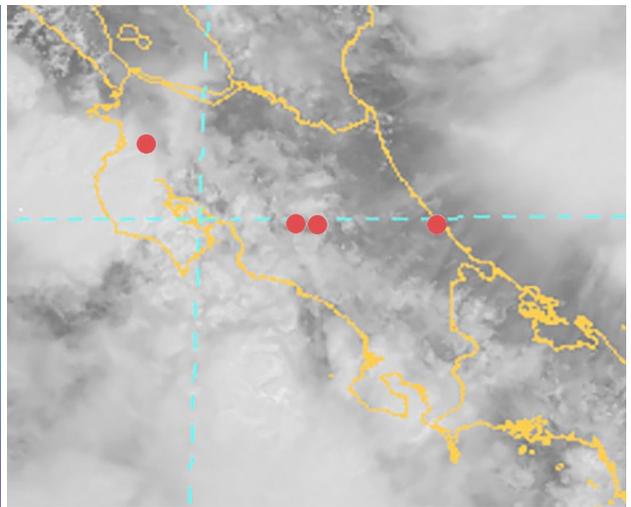
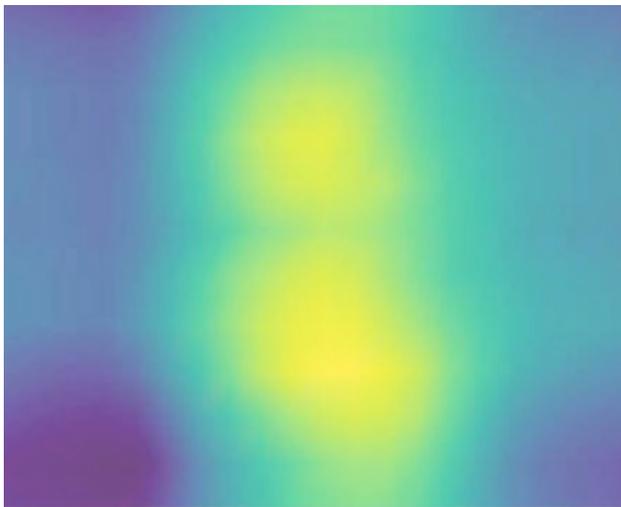


# TÓPICOS METEOROLÓGICOS Y OCEANOGRÁFICOS

ISSN 2953-738X

Volumen 19

Diciembre 2020



Ministerio de Ambiente y Energía  
Instituto Meteorológico Nacional

*Coordinación general:*  
Lic. Werner Stolz España

*Edición:*  
Dra. Gladys Jiménez Valverde

*Comité editorial:*  
Ing. José Alberto Retana Barrantes  
Lic. Luis Fernando Alvarado Gamboa  
MSc. Eladio Solano León

*Diseño y diagramación:*  
Rodrigo Granados Jiménez

*Imágenes de portada:*  
Tomadas de los artículos incluidos en esta edición.

*La revista "Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos" es publicada por el Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica. Tiene como finalidad dar a conocer los resultados de investigaciones y estudios en Ciencias de la Atmósfera y Oceanografía Física.*

\* Los artículos publicados en Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos expresan la opinión del autor y no necesariamente del Instituto Meteorológico Nacional

## CONTENIDO

- | Pág. | Artículo  |
|------|---|
| 5    | <b>El extremo lluvioso de 1886 en Costa Rica: el año con más precipitación en la historia de San José</b><br>RODRIGO GRANADOS JIMÉNEZ   |
| 39   | <b>Desviaciones entre predicciones y mediciones de las mareas en Costa Rica, América Central</b><br>OMAR G. LIZANO<br>RODNEY E. MORA ESCALANTE                                  |
| 49   | <b>Variables meteorológicas aeronáuticas en los cuatro aeropuertos internacionales de Costa Rica durante la influencia del ciclón tropical Nate</b><br>JOSÉ PABLO VALVERDE MORA |
| 68   | <b>Análisis estadístico, temporal y espectral de datos meteorológicos de la región de San Ramón, Alajuela</b><br>EDUARDO ARIAS NAVARRO<br>MIGUEL ÁNGEL JIMÉNEZ VARGAS           |
| 84   | <b>Modelos de biomasa y carbono en ecosistemas forestales naturales en Costa Rica</b><br>WILLIAM FONSECA GONZÁLEZ<br>FEDERICO ALICE GUIER<br>RONNY VILLALOBOS CHACÓN            |



# Variables meteorológicas aeronáuticas en los cuatro aeropuertos internacionales de Costa Rica durante la influencia del ciclón tropical Nate

JOSÉ PABLO VALVERDE MORA <sup>(1)</sup>

## Resumen

La influencia e interacción de los ciclones tropicales en Costa Rica son materia de mucho interés para su estudio, no solo desde el punto de vista social y económico, sino también, desde una perspectiva de seguridad en las operaciones aéreas de los aeropuertos (aeródromos) internacionales del país. El comportamiento de las variables meteorológicas aeronáuticas (viento, visibilidad, tiempo presente, nubosidad, temperaturas), de los aeródromos ubicados en ambas vertientes del país bajo la influencia de este tipo de sistemas, depende de factores propios del mismo (intensidad, velocidad de desplazamiento, ubicación), así como de factores geográficos de cada aeropuerto.

El caso del ciclón tropical Nate, trajo consigo las mayores afectaciones en la vertiente del Pacífico, con un predominio de viento del suroeste y oeste, magnitudes de ocho a 16 nudos, lluvias de variable intensidad, así como la presencia de nieblas y neblinas, donde las capas nubosas de alturas medias y bajas fueron otra constante que propició el descenso de las temperaturas medias. Esto en los Aeropuertos Internacionales Daniel Oduber en Liberia, Juan Santamaría en Alajuela y Tobías Bolaños en Pavas. En el caso del Aeropuerto Internacional de Limón, las condiciones meteorológicas aeronáuticas fueron mucho mejores.

**PALABRAS CLAVE:** AERÓDROMO, CICLÓN TROPICAL, METAR, NIEBLA, PRECIPITACIÓN, TEMPERATURA, VIENTO.

## Abstract

Tropical cyclones influence and interaction over Costa Rica is a matter of great interest for its study, not only from the social and economic point of view, but also, from security airports operations in the country. The aeronautical meteorological variables behavior (wind, visibility, present weather, cloudiness, temperatures) at the aerodromes in each slope, is translated into the state of the system and depends on their own factors (intensity, speed of displacement, location), as geographic information of each airport.

Tropical cyclone Nate brought the greatest impact on the Pacific slope, the wind predominated in the southwest and the west directions, magnitudes of eight to 16 knots, variable rainfall intensity with the presence of fog and mist, the cloud layers were of medium and low heights that cause the descent of the average temperatures. All this at the International Airports: Daniel Oduber (Liberia), Juan Santamaría (Alajuela) and Tobías Bolaños (Pavas). In the case of the Limón International Airport, the aeronautical meteorological, the conditions were much better.

**KEY WORDS:** AERODROME, TROPICAL CYCLONE, METAR, FOG, PRECIPITATION, TEMPERATURE, WIND.

1 M.Sc. en Meteorología. Departamento de Sinóptica y Aeronáutica. Instituto Meteorológico Nacional. Correo electrónico: [jpvalverde@imn.ac.cr](mailto:jpvalverde@imn.ac.cr)

## 1. INTRODUCCIÓN

La temporada de ciclones tropicales para el Océano Atlántico y Mar Caribe, se establece a partir del primero junio y hasta el 30 de noviembre de cada año. Para el día nueve de agosto del 2017, la perspectiva climática dictaminada por Centro de Predicción del Clima de la NOAA, indicaba una temporada de ciclones tropicales con una probabilidad del 60% por encima de lo normal para todo el Atlántico y la cuenca del Caribe (CPC, 2017).

En referencia al cambio climático y al calentamiento antropogénico global, la mayoría de los modelos climáticos utilizados actualmente, proyectan una disminución en la frecuencia total de los ciclones tropicales globales y un aumento en el promedio de ciclones catalogados intensos (Murakami et al., 2014). Por otro lado, un estudio reciente que utiliza el tiempo de máxima intensidad de vida de los ciclones tropicales (LMI TC's), denota un aumento en la frecuencia de los ciclones tropicales, tanto para los más débiles como para los más intensos, mientras que la frecuencia de los ciclones tropicales moderados tiende a decrecer (Song, Klotzbach, Tang & Wang, 2018).

Con respecto a la frecuencia de afectación por parte de un ciclón tropical expresada por el estudio de Alvarado y Alfaro (2003), se tiene que en los meses de activación de la temporada de huracanes (junio-noviembre), la mayor frecuencia es de entre el 10 y 12%, específicamente para los meses de setiembre y octubre. Se debe destacar, en el caso de estudio del ciclón tropical Nate, inició su desarrollo desde la región de influencia ciclónica RIC-1 avanzando hasta la RIC-5, lo cual corresponde a trasladarse desde un área de afectación directa y fuerte, a un área de influencia débil o marginal (Alvarado y Alfaro, 2003). La trayectoria trazada por el sistema y las áreas de influencia discutidas anteriormente, se pueden observar en la figura 1.

Según lo reportado por The National Hurricane Center (2017), la actividad ciclónica ocurrida en la cuenca del Atlántico en el año 2017 estuvo sobre lo normal con un total de 17 tormentas, de las cuales 10 alcanzaron el grado de huracán y seis fueron catalogados como huracanes mayores.

Para Costa Rica se tiene conceptualizado un evento extremo como: "situación de emergencia donde un fenómeno hidrometeorológico causa alteraciones significativas en el estado del tiempo o del clima de alguna zona, y sus consecuencias son impactos negativos importantes en las actividades sociales y productivas" (IMN-CRRH, 2008, p.30). Desde este punto de vista, se considera que los efectos presentados por el ciclón tropical Nate sobre el país corresponden a un evento extremo.

### 1.1. Descripción del sistema y su evolución

Al hablar de los inicios del ciclón tropical Nate, se debe indicar que en este intervinieron varios sistemas meteorológicos típicos, estacionales e inmersos en los conocidos giros o vórtices centroamericanos. Estos vórtices son amplias áreas de circulación ciclónica en la baja tropósfera, con precipitaciones fuertes ampliamente dispersas y una mayor frecuencia de desarrollo de mayo a junio y de setiembre a noviembre (Papin, Bosart & Torn, 2017).

De acuerdo con el reporte del ciclón tropical Nate por parte del Centro Nacional de Huracanes (NHC) y los autores Beven & Berg (2018), uno de los tres vórtices de baja presión ubicado al suroeste del Mar Caribe, presentaba en sus vientos una circulación ciclónica cerrada para el día tres de octubre, además de áreas de convección profunda. Para el siguiente día a las 12 UTC<sup>2</sup> el sistema mostraba suficiente circulación y convección organizada, para catalogarse como depresión tropical (figura 2). Cerca de las 12 UTC del día cinco de octubre,

2 UTC: Tiempo Universal Coordinado (-6 h para hora local).

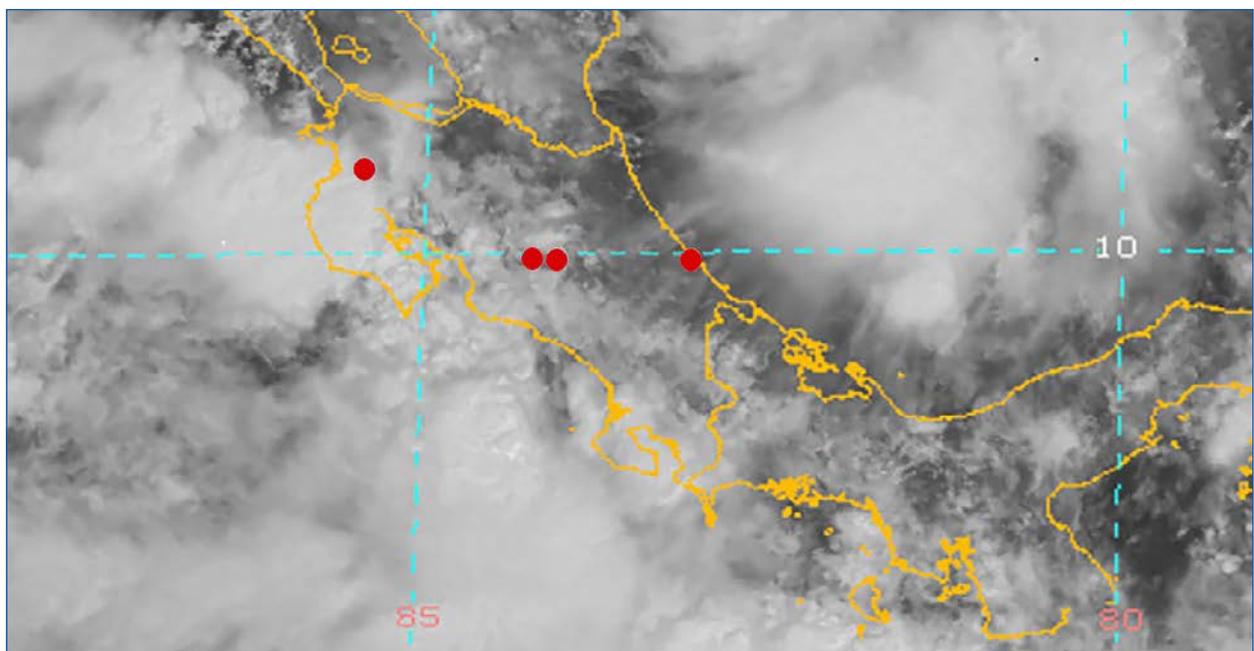
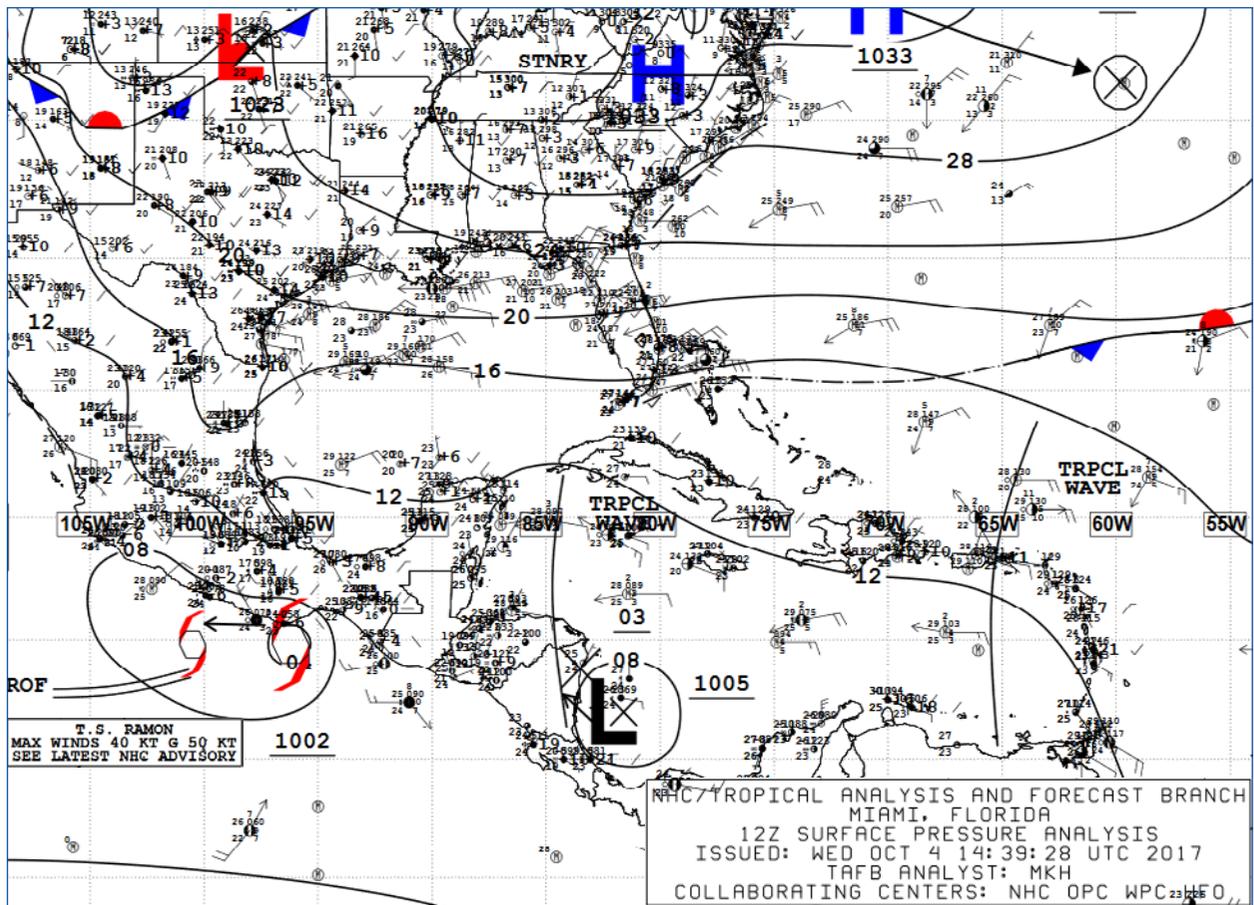


Figura 1. Trayectoria del ciclón Tropical Nate del día 3 al 7 de octubre de 2017. Regiones de Influencia de ciclones tropicales (RIC). Adaptado de Alvarado y Alfaro (2003).

antes que el sistema tocara tierra en la costa este de Nicaragua, su fortalecimiento gradual hizo que se le determinara como tormenta tropical y permaneció con esta categoría hasta el día siete de octubre, donde al transitar por el noroeste del Mar Caribe por el Canal de Yucatán, se intensificó hasta alcanzar la categoría de huracán, permaneciendo con ese grado de intensidad hasta acercarse a la costa sur del estado de Misisipi, EUA (Beven & Berg, 2018).

## 1.2. Justificación

El objetivo de este estudio fue poder describir las variables aeronáuticas más importantes para el desempeño de las operaciones aéreas en los aeródromos, además de conocer como estas cambian en tiempo y espacio con la presencia de un sistema de dimensiones sinópticas que se desplaza e intensifica.



G-13 IMG

04 OCT 2017

1645Z

RAMSDIS-CIRA/RAMM

Figura 2. Análisis de superficie e imagen satelital donde se muestra la depresión tropical Nate, ubicada hacia el noreste de la costa Caribe de Costa Rica. Fuente: NHC y Goes-16.

**Cuadro 1. Características de los aeropuertos y estaciones meteorológicas**

Aeropuerto Código OACI	Horario de operaciones	Estaciones meteorológicas	Elevación (m)	Región climática
MRLB (Liberia)	12 – 06 UTC (18 h)	AWOS y Campbell Pista-07	89	Pacífico Norte (PN)
MROC (Alajuela)	00 – 24 UTC (24 h)	AWOS y Campbell Pista-07	890	Valle Central (VC)
MRPV (Pavas)	12 – 00 UTC (12 h)	Campbell Pista 27	997	Valle Central (VC)
MRLM (Limón)	12 – 00 UTC (12 h)	Campbell	5	Caribe Sur (CS)

Actualmente el país no cuenta con evidencia documentada, respecto al análisis de cambios importantes en las variables aeronáuticas con la presencia de eventos considerados extremos, que sirvan para la comprensión del tipo de tiempo presente que estos involucran en los diferentes aeropuertos internacionales del país. El documentar este tipo de información, mejorará el análisis y la comprensión de estos fenómenos, además de ser un aporte para su incorporación en los pronósticos de aeródromo conocidos como TAF.

## 2. METODOLOGÍA

Para describir las variables meteorológicas aeronáuticas en los cuatro aeropuertos internacionales de Costa Rica y representar sus características producto de la influencia de un ciclón tropical, se utilizaron los reportes meteorológicos aeronáuticos de superficie conocidos como METAR (Valverde, 2018) de los aeropuertos: Daniel Oduber Quirós en Liberia (MRLB), Juan Santamaría en Alajuela (MROC), Tobías Bolaños Palma en Pavas (MRPV) y el Aeropuerto Internacional de Limón (MRLM), cuya ubicación se presenta en la figura 2 marcados con puntos rojos. Se seleccionaron los reportes correspondientes al periodo del 03 al 07 de octubre del 2017, en los que se presentó mayor afectación por parte del ciclón tropical Nate sobre el país.

Las variables descritas de forma horaria en este estudio son: el viento (dirección y velocidad), la visibilidad predominante, la precipitación

(intensidad, tipo, acumulados horarios), la niebla, la altura de techo de nubes y la temperatura. Se completan las variables en el registro para los aeropuertos en los que el horario de operación difiere de 24 horas (con excepción de las variables observadas que son: visibilidad, nieblas y altura de techo de nubes), las cuales solo se presentan durante los periodos de registro operativo de cada aeropuerto. En el cuadro 1 se presentan las estaciones utilizadas en cada aeropuerto, el horario de operación y las características de las estaciones.

En este trabajo se consideró la definición de temporal como la condición meteorología en la que predominan cielos nublados, temperaturas bajas y lluvias de variable intensidad a cualquier hora del día (Alvarado y Alfaro, 2008).

## 3. RESULTADOS: ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES VARIABLES AERONÁUTICAS

### 3.1. Viento

La climatología del mes de octubre, en lo referente a la dirección del viento en las estaciones aeronáuticas ubicadas en la vertiente del Pacífico (MROC, MRLB y MRPV), es generada por la presencia de brisas de montaña y viento alisio para horas de la noche y madrugada, con velocidades del viento menores a los 6 kt (nudos)<sup>3</sup>; junto a la

<sup>3</sup> 1 kt = 1,85184 km/h.

ocurrencia de entrada de humedad producto de la brisa marina del océano Pacífico con direcciones que varían desde el sur al oeste, y con velocidades del viento no mayores a los 9 kt (IMN, 2017; IMN, 2016 y IMN, 2012).

La dirección del viento en el caso de los aeropuertos MROC y MRPV en presencia del ciclón tropical, inició variable o viento débil (trazos celestes en figura 3), posteriormente desde la mañana del día tres y hasta pasada la tarde del día seis, predominó con direcciones de los 200° a 300° (viento del suroeste-oeste), finalmente el día siete ocurrió lo típico para el mes de octubre, donde por la madrugada y mañana hubo presencia de brisas de montaña (dirección de los 50°), y posteriormente por la tarde se dio el retorno de la brisa del suroeste (figura 3).

En el caso del aeropuerto MRLB, las direcciones del viento al inicio del periodo fueron muy variantes, con viento del noreste o alisios junto al viento de componente oeste. Posteriormente, para la tarde del día cuatro y hasta el día seis se notó la persistencia del viento del suroeste (200°). Los dos últimos días del periodo registrado, mostraron variaciones en su dirección con la presencia del sureste (150°), alternado con viento del oeste de entre los 260° y 300° (figura 3).

En el caso de la climatología de Limón (MRLM) y con respecto a la dirección del viento, se tiene que en octubre predomina la brisa de montaña con componente del suroeste, con velocidades inferiores a los 4 kt durante horas de la noche y madrugada. Además, se da la presencia de vientos alisios del noreste la mayor parte de las horas del día, con intensidades entre los 8 kt y 11 kt (IMN, 2018).

Al final de los días del periodo en estudio, el aeropuerto de Limón presentó variaciones en la dirección de viento muy homogéneas (figura 3). La presencia del viento con direcciones de los 250° persistió a lo largo de la noche y primeras horas del día, mientras que direcciones del este o noreste se produjeron el resto de las horas de

la tarde y las primeras horas de la noche. En los primeros dos días, las variaciones de la dirección del viento fueron irregulares, predominando en promedio los 250°, esto con la presencia del disturbio cerca de las costas de Limón (figura 3).

Las variaciones del viento en la vertical se obtuvieron de los lanzamientos de sondeos meteorológicos realizados desde la Garita de Alajuela, los mismos se hicieron a las 12 UTC de cada día desde el tres al nueve de octubre, además de un lanzamiento a las 18 UTC para el día 05 de octubre (figura 4). En dicha figura se puede observar el cambio de las direcciones bajo los 5 km, pasando del noroeste hasta el suroeste y duplicando sus intensidades de 15 kt hasta los 40 kt para los primeros tres días de influencia del ciclón tropical. Posteriormente, se tuvieron velocidades del viento inferiores, aún con direcciones del suroeste, para finalmente cambiar a direcciones de noreste y este en los primeros 5 km de la tropósfera baja (figura 4).

La intensidad del viento para los cinco días analizados (ver figura 5), muestra similitudes para los aeródromos del Valle Central. La velocidad alcanzó los mayores valores de intensidad horaria a partir del día en que el sistema se nombró depresión tropical (del cuatro de octubre en adelante), tomando valores de viento promedio de entre los 14 kt y 16 kt; posteriormente, sus valores disminuyeron hacia el día seis de octubre. Estas magnitudes fueron superiores a las registradas en la climatología para los vientos de componente oeste, en los tres aeropuertos analizados de la vertiente del Pacífico. Para el caso de Limón, la mayor intensidad del viento se registró el día cuatro de octubre, con un valor de 10 kt para direcciones de componente norte, esto como la mayor interacción del sistema sobre la región climática del Caribe Sur (figura 5).

Otra característica que se observó el día siete de octubre, fue el aumento súbito del viento (para todos los aeropuertos analizados) de 8 kt

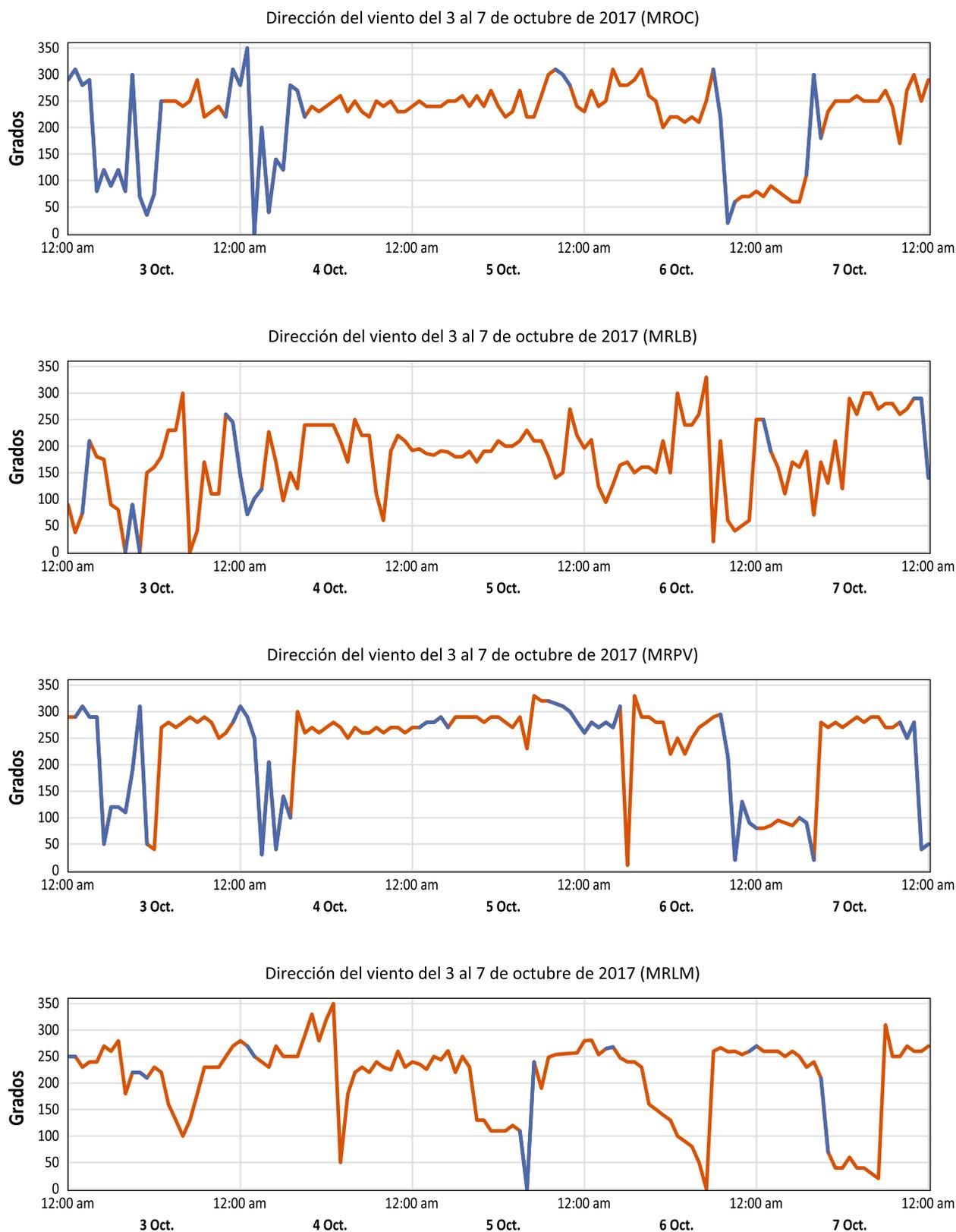


Figura 3. Dirección horaria del viento en los cuatro aeropuertos internacionales del país, para el periodo de afectación del ciclón tropical Nate (trazos celestes: viento variable o débil).

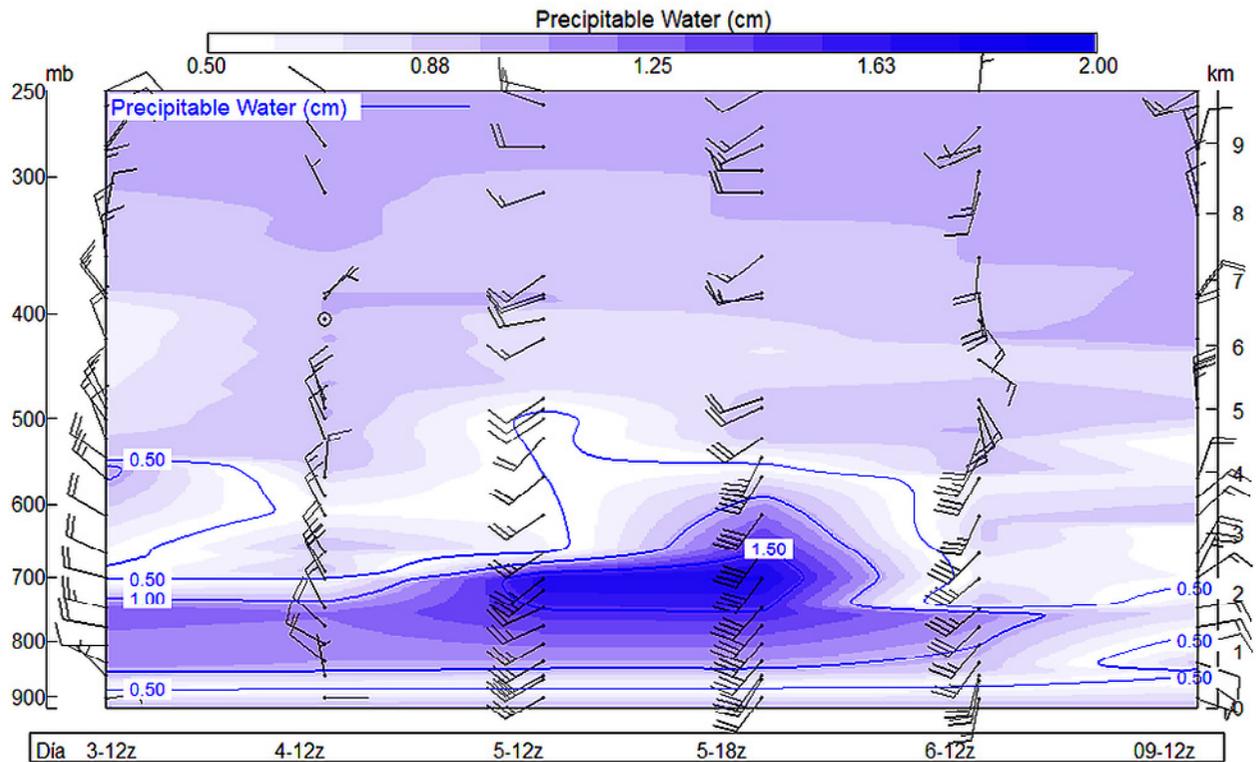


Figura 4. Viento en la vertical (magnitud y dirección) y distribución vertical del agua precipitable, para seis horas fijas en el Valle Central durante el periodo de afectación del ciclón tropical Nate.

a 12 kt. La dirección fue de los  $50^\circ$  en el caso de MRLM, mientras que en el caso de los aeródromos ubicados en el VC y PN su dirección fue consistente entre los  $250^\circ$  y  $300^\circ$  (figura 5). Para este día el sistema pasó al grado de huracán categoría 1.

### 3.2. Visibilidad

La visibilidad horizontal reinante, es la distancia máxima a la cual se logra reconocer un objeto de dimensiones convenientes, y que se llegue a ese valor por lo menos en la mitad del horizonte o de la superficie del aeródromo (OACI, 2016). La visibilidad en cada uno de los tres aeródromos de la vertiente de Pacífico (MROC, MRLB, MRPV), presenta en promedio sus menores valores (o mayores restricciones) en el mes de octubre, según lo reportado en IMN (2017), IMN (2016) y IMN (2012), respectivamente. Por el contrario, para el Aeropuerto Internacional de Limón

(MRLM), octubre es el mes en que los reportes horarios presentan menos restricciones en visibilidad (IMN, 2018).

La figura 6 muestra las variaciones de visibilidad en los cuatro aeropuertos analizados. Se puede notar que las estaciones de MROC y MRPV (ubicadas en el VC) presentaron sus valores inferiores de visibilidad los días cuatro y cinco de octubre, fechas en las que el sistema pasó de ser una depresión tropical a tormenta tropical. Los valores inferiores para estos días fueron de 100 m y 1.000 m en Alajuela, y de 1.500 m y 1.000 m en Pavas.

Por su parte, en el PN las restricciones de visibilidad en la estación de MRLB se presentaron desde el cuatro al seis de octubre, esto marcado por el desplazamiento del sistema hacia el norte de Centroamérica y también el desplazamiento de su afectación hacia sectores más al norte de Costa Rica. Los valores inferiores para estos

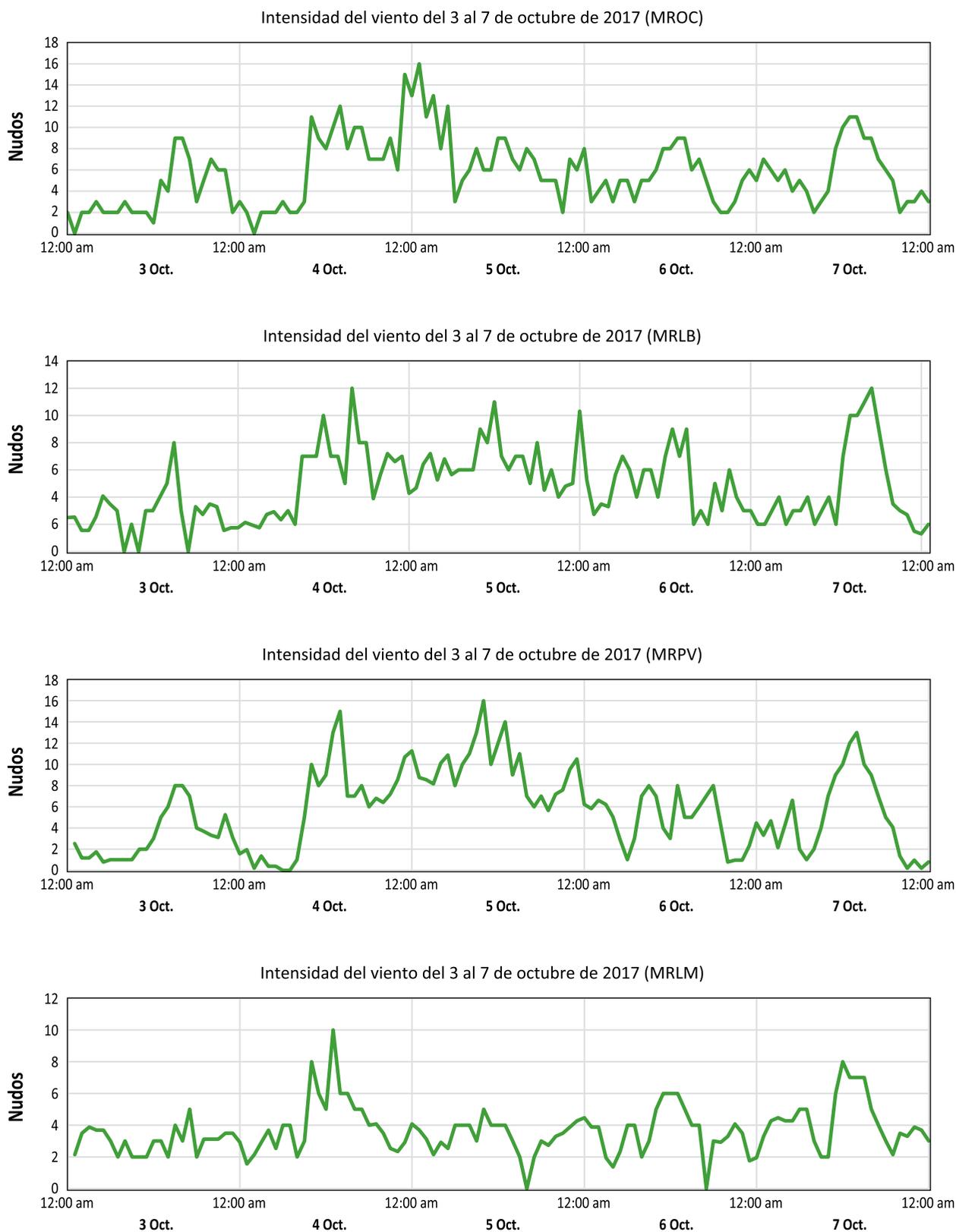


Figura 5. Intensidad horaria del viento en los cuatro aeropuertos internacionales del país, para el periodo de afectación del ciclón tropical Nate.

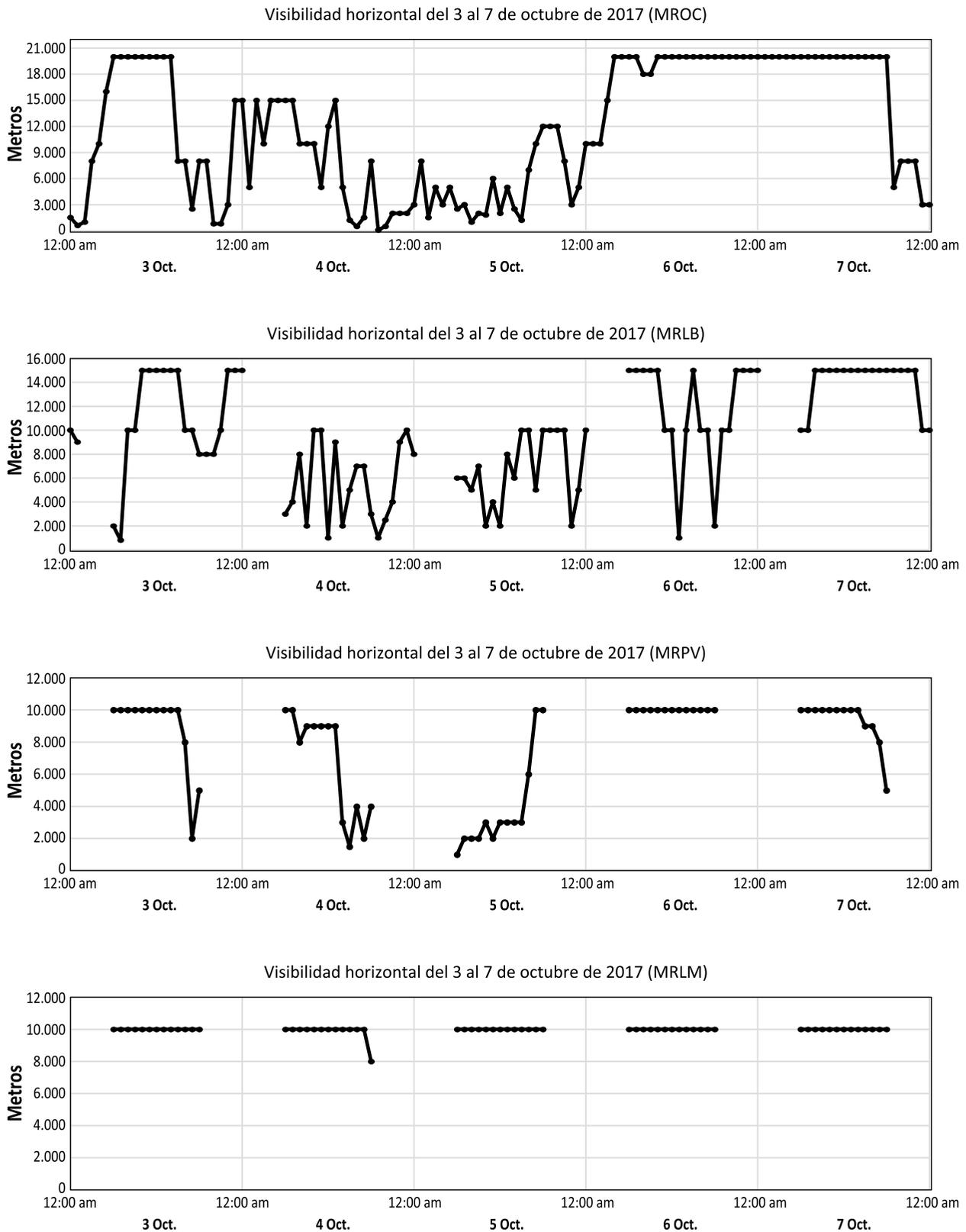


Figura 6. Visibilidad reinante horaria en los cuatro aeropuertos internacionales del país, para el periodo de afectación del ciclón tropical Nate.

días fueron de 1.000 m, 2.000 m y 1.000 m respectivamente (figura 6).

El aeropuerto de la región climática CS (MRLM) no presentó mayores complicaciones con respecto a la visibilidad, se reportó como valor mínimo 8.000 m para el día tres de octubre en horas de la tarde (figura 6).

### 3.3. Precipitación

El caso de estudio Nate presenta semejanza con los ciclones tropicales Katie (1955), Jenny (1969) y Delia (1973), los cuales acumularon montos de precipitación intensos en el país antes de que fueran considerados tormentas tropicales (Alvarado y Alfaro, 2003). Si bien es cierto el mes de octubre es característico de la época lluviosa en toda la vertiente del Pacífico, los acumulados dejados por el paso de este sistema ciclónico entre el tres al siete de octubre en MROC, MRPV, MRLB y MRLM, de 229,8 mm, 170,8 mm, 452,8 mm y 43,2 mm respectivamente, representan montos significativos en relación con los acumulados mensuales de cada región. En el caso de la estación en el aeropuerto del PN, los valores

superaron en 51% el acumulado mensual, para el caso del aeropuerto Juan Santamaría y Tobías Bolaños representaron un 77% y 60% del total mensual respectivamente, mientras que para el de Limón representó un 29% del acumulado total del mes.

La distribución horaria de la precipitación en cada aeródromo se muestra en la figura 7, donde se puede observar cómo los mayores acumulados por hora ocurrieron en MRLB, en el PN del país, el día cuatro de octubre, pasando de lluvias moderadas (RA) a fuertes inclusive (+RA); asimismo esa fue la última región en salir de la influencia del sistema, ya que en estas zonas las lluvias se extendieron hasta el día seis de octubre.

La siguiente estación aeronáutica con acumulados horarios de importancia que se presenta en la figura 7, corresponde al MROC en Alajuela. Los montos mayores se registraron para el cuatro de octubre hacia el final del día, donde se presentaron por varias horas lluvias moderadas (RA), mientras que en horas cercanas a la media noche se registraron fuertes lluvias (+RA). Finalmente, el día cinco de octubre continuaron las lluvias principalmente de intensidad débil (-RA en figura 7).

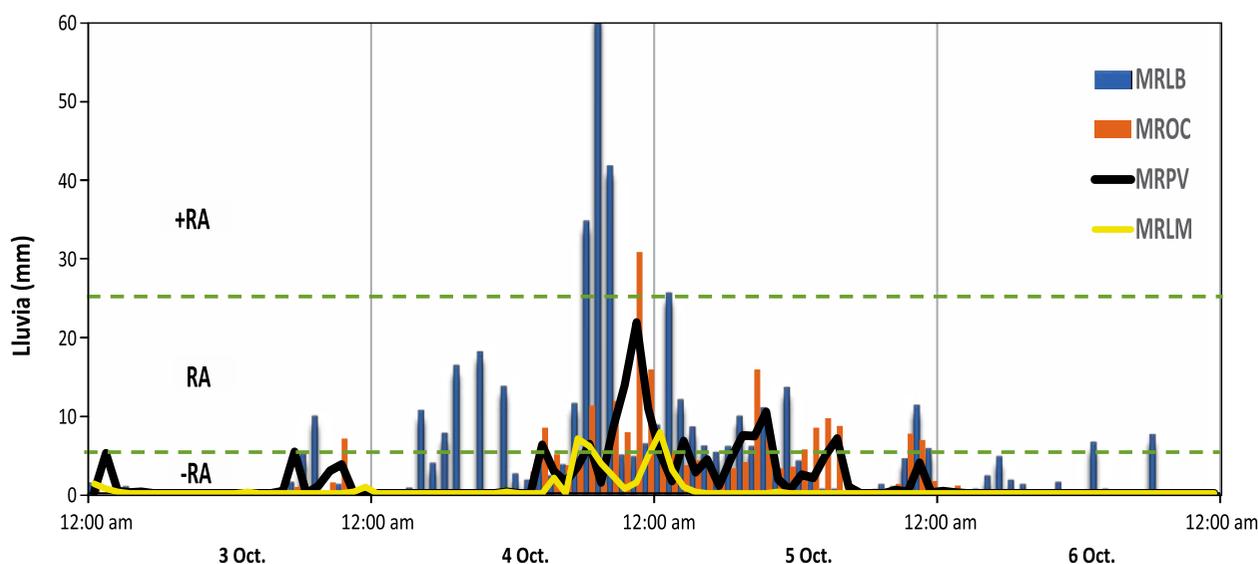


Figura 7. Acumulado horario de precipitación e intensidad de la lluvia reportada en los cuatro aeropuertos internacionales del país, para el periodo de afectación del ciclón tropical Nate.

En el caso de Pavas (MRPV en figura 7), también presentó los principales acumulados entre el cuatro y cinco de octubre, pero con la variante de tener intensidades entre débiles y moderadas (-RA y RA, respectivamente). Semejante a esta última, Limón presentó lluvias hacia horas de la tarde y noche del día cuatro de octubre y en las primeras horas del día cinco de octubre.

Una última característica para las cuatro estaciones aeronáuticas en estudio, es que presentaron lluvias el día tres de octubre, con acumulados horarios inferiores a los 10 mm. Además, para el siete de octubre ninguna de las estaciones registró precipitación (figura 7).

Los días de mayores acumulados de precipitación registrada en los aeródromos de la vertiente del Pacífico representados en la figura 7, concuerdan con los días de mayor cantidad de agua precipitable observada y representada en los contornos de colores de la figura 4, obtenidos de los radio-sondeos meteorológicos.

### 3.4. Fenómenos de oscurecimiento

Al hablar de fenómenos de oscurecimiento, nos referimos a hidrometeoros en suspensión, los cuales son partículas acuosas suspendidas en la atmósfera. Estas a la vez están relacionadas con los rangos de visibilidad restringida. Dos de estos fenómenos son la neblina y la niebla. La neblina (BR) se reporta cuando la visibilidad se encuentra entre el rango de 5.000 m a 1.000 m, mientras que la niebla (FG) es reportada cuando los rangos de visibilidad son inferiores a 1.000 m (OACI, 2016).

En el mes de octubre, es cuando aumenta la frecuencia de ocurrencia de este tipo de fenómenos de oscurecimiento en toda la vertiente del Pacífico (IMN, 2017; IMN, 2016 y IMN, 2012). La figura 8 muestra las variaciones horarias del tres al siete de octubre, para los aeropuertos MROC, MRLB y MRPV. La mayor ocurrencia de neblina y niebla (BR y FG respectivamente) se presentó en

las estaciones aeronáuticas del VC, donde para el aeródromo de Pavas (MRPV, elevación: 997 m) la presencia de niebla se dio desde horas de la tarde hasta horas de la noche del día tres de octubre (la misma alternada con la presencia de neblina). En el caso del aeródromo de Alajuela (MROC, elevación: 890 m), la predominancia de neblinas respecto a las nieblas fue la constante, esto para el primer día de afectación.

Durante el día cuatro de octubre en MROC y MRPV, también predominó la presencia de neblina sobre los pocos casos de niebla, en especial hacia final del día. Al igual que este día, el día cinco de octubre la constante en ambos aeropuertos fue la de ocurrencia de neblina (BR). Se puede observar una clara disminución de la afectación para los días sucesivos al seis y siete de octubre (ver figura 8).

En el aeródromo del Pacífico Norte (MRLB, elevación: 89 m), se registró la presencia de neblina (BR) solo por periodos cortos de tiempo, especialmente en los primeros tres días del evento (figura 8).

### 3.5. Nubosidad

La nubosidad está muy relacionada con la humedad presente en el ambiente, siendo de especial atención las de capas bajas de la atmósfera, ya que es en esta región cercana a la superficie donde la nubosidad (de importancia para las operaciones aeronáuticas) juega un papel trascendental en las maniobras de despegue y aterrizaje de las aeronaves.

La Organización Meteorológica Mundial en su documento N°182 (OMM, 1992), define el término techo de nubes como “altura por encima de la superficie terrestre de la base de la capa nubosa más baja y en la que esta rebasa un valor determinado”, esta definición junto con la realizada por la Sociedad Americana de Meteorología (Ceiling, 2012), que indica que esta nubosidad

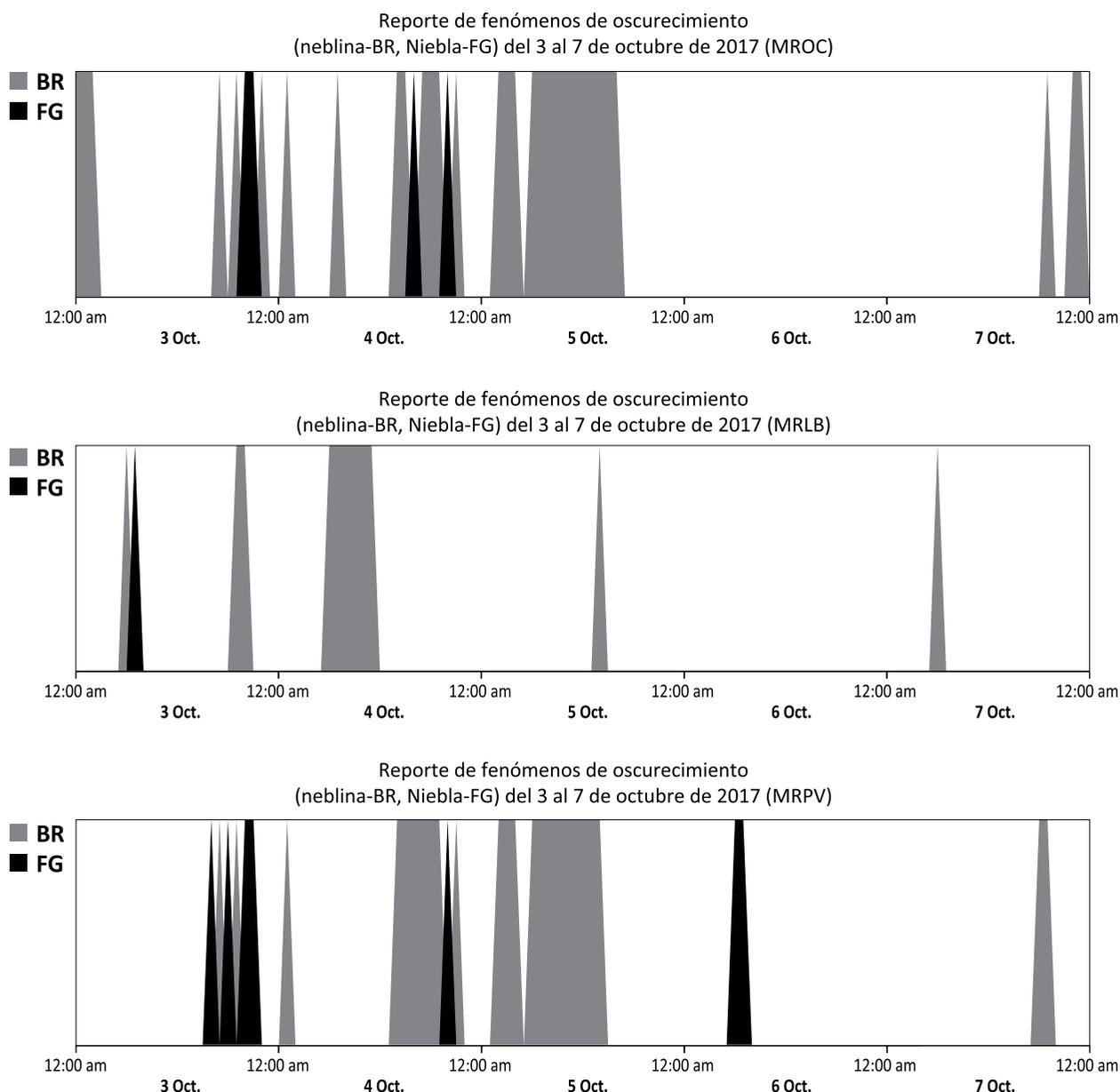


Figura 8. Registro horario de presencia de hidrometeoros en suspensión para tres de los cuatro aeropuertos internacionales del país, para el periodo de afectación del ciclón tropical Nate.

debe ser catalogada con al menos cinco octas<sup>4</sup> de cobertura en el cielo, siendo en otros términos, una nubosidad quebrada (BKN) o un cubierto de nubes (OVC). La figura 9 muestra las variaciones y la presencia de este fenómeno, además del rango de alturas a las que se encontraba el mismo, ya sea como nubes bajas ( $N_{Baja}$ ), nubes medias ( $N_{Med}$ ) o

como nubes altas ( $N_{Alta}$ ) durante la influencia del ciclón tropical Nate.

Los techos de nubosidad baja inferiores a los 5.000 ft (pies)<sup>5</sup> predominaron e iniciaron su presencia en los aeródromos de la vertiente del Pacífico (MROC, MRLB y MRPV), para horas finales del día tres de

4 Octavos de cielo.

5 1 ft = 0.3048 m.

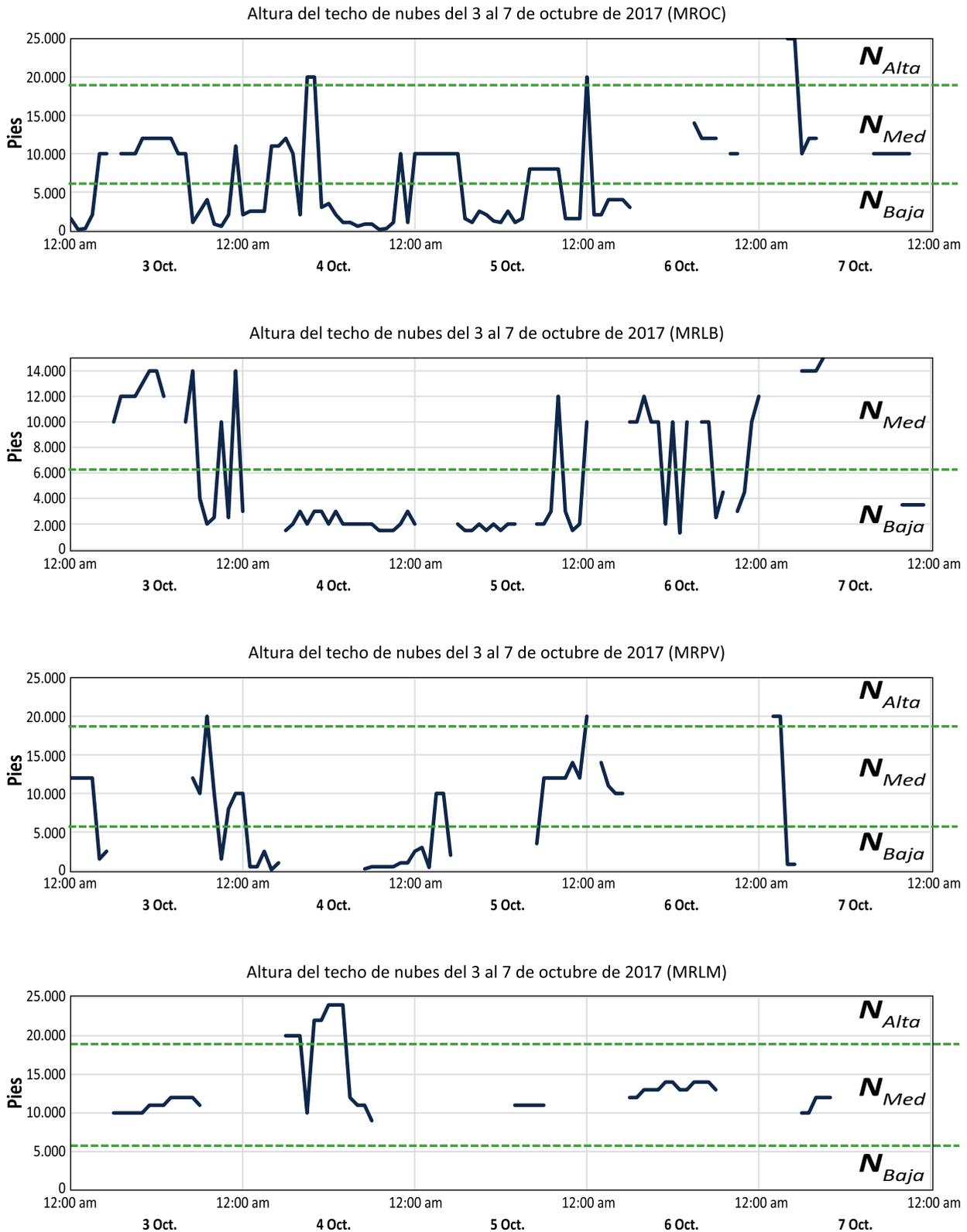


Figura 9. Registro horario de presencia techo de nubes en los cuatro aeropuertos internacionales del país, para el periodo de afectación del ciclón tropical Nate ( $N_{Baja}$ : Nubes bajas,  $N_{Med}$ : Nubes medias,  $N_{Alta}$ : Nubes altas).

octubre y de forma notoria para los días cuatro y cinco de octubre; esto con la particularidad de que para el día seis de octubre, y solo para MRLB en el PN, los techos nubosos se presentaron de manera temporal. En el caso del aeropuerto de Limón (MRLM), solo ocurrió la presencia de techos de nubosidad entre media y alta, con alturas de los 10.000 ft a 25.000 ft (figura 9).

La climatología de los tres diferentes aeropuertos de la vertiente del Pacífico, tiene registrada la mayor cantidad de ocurrencia de techos de nubosidad baja para este mes de octubre en la época lluviosa, con una predominancia de ocurrencia hacia horas de la tarde y noche (IMN, 2017; IMN, 2016 y IMN, 2012). A diferencia de esto, los presentados en la figura 9 (días tres y cuatro de octubre principalmente), mostraron una clara tendencia de ocurrencia durante la mayor parte del día.

### 3.6. Temperaturas

Las temperaturas a lo largo del día por lo general denotan un claro ciclo diurno. De este se conoce que las temperaturas mínimas se presentan normalmente en horas de la madrugada, mientras que las temperaturas máximas se registran entre el medio día y media tarde (Oliver, 2005). Con respecto a las temperaturas de punto de rocío, las cuales involucran indirectamente el grado de humedad presente en la atmósfera, en promedio se observan comportamientos semejantes a los de temperatura ambiente, o sea, los valores inferiores de punto de rocío son reportados para las madrugadas, mientras que los valores mayores se presentan durante horas del día, en especial cuando las brisas húmedas marítimas alcanzan las estaciones en los aeródromos analizados (Manso y Vargas, 1990).

La figura 10 muestra las variaciones de las temperaturas, en las cuales se puede apreciar un marcado ciclo diurno en la estación de MRLM, ubicada en el Caribe Sur. Para el caso de MROC,

MRPV y MRLB, el ciclo diurno fue más evidente para el primer día (tres de octubre) y para los dos últimos (seis y siete de octubre). Dichas estaciones se encuentran ubicadas dos en la zona climática VC y una en el PN.

Con respecto a los días cuatro y cinco de octubre, las condiciones de temperaturas más bajas de lo normal propiciaron que se rompiera este ciclo, ya que los valores máximos de estos días para Alajuela fueron de 23,2°C y 19,6°C, en Pavas de 22,7°C y 19,3°C y en Liberia de 24,8°C y 23,9°C respectivamente. Por otro lado, también se observa para estos dos días de mayor afectación por parte del ciclón tropical, unas condiciones de saturación máximas, ya que la advección de humedad estrechó la depresión de punto de rocío, registrando valores casi iguales entre ambas temperaturas (figura 10).

## 4. DISCUSIÓN

Durante el periodo de cinco días incluidos en este estudio, el ciclón tropical presentó variaciones en intensidad (presión central, vientos máximos) y posición a lo largo de su desplazamiento. Dado que la ubicación de un sistema sinóptico como el analizado cambia en el tiempo, así también varían las implicaciones o condiciones meteorológicas que este desarrolla. Por ello en el cuadro 2 se presenta la ubicación, la presión central y los vientos máximos promedio para los días analizados, en especial los días de mayor influencia sobre el territorio costarricense.

Considerando los días cuatro y cinco de octubre como los de mayor influencia del ciclón, se deduce con el análisis anterior que, las direcciones del viento predominaron desde los 200° a los 300° en los tres aeródromos de la vertiente del Pacífico, con magnitudes que aumentaron el doble con respecto al promedio para ambos días, y con relación a las existentes los días anteriores. La presencia de restricciones de visibilidad cada vez

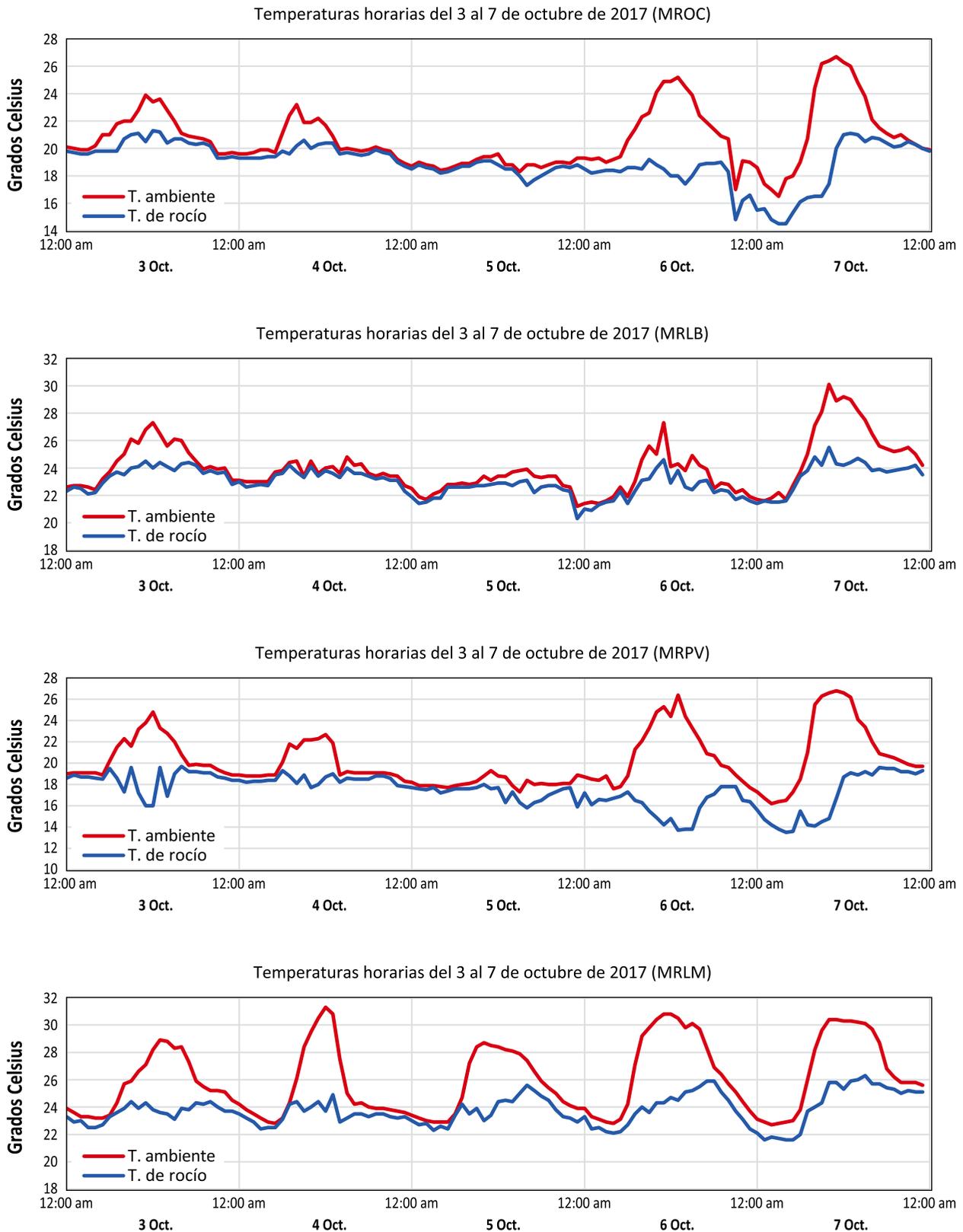


Figura 10. Registro horario de la temperatura ambiente y del punto de rocío, en los cuatro aeropuertos internacionales del país, para el periodo de afectación del ciclón tropical Nate.

Cuadro 2. Características promedio del ciclón tropical durante los cinco días de afectación

Día	Estado del CT	Ubicación Lat. / Long.	Presión Central Promedio	Viento Máx. Promedio
03 – Oct	Baja Presión	11.2º/81.1º	1007.5 hPa	25 kt
04 – Oct	Depresión Tropical	12.2º/82.3º	1004.5 hPa	30 kt
05 – Oct	Tormenta Tropical	14.2º/83.8º	998.5 hPa	35 kt
06 – Oct	Tormenta Tropical	18.8º/85.1º	995.0 hPa	48 kt
07 – Oct	Huracán	25.6º/87.8º	984.2 hPa	76.7 kt

Fuente: Adaptado de NHC, Tropical Cyclone Report Hurricane Nate.

más frecuentes (por ejemplo, inferiores a los 5.000 m), va de la mano con la ocurrencia de tiempos presentes como es el caso de lluvia de variable intensidad, alternada con hidrometeoros en suspensión como es el caso de neblinas y nieblas.

Los principales cambios en la nubosidad se producen al pasar de techos de nubes medias (principalmente de altoestratos y nimbostratos), a techos nubosos bajos inferiores a una altura de 5.000 ft (generalmente de estratos y estratocúmulos). La presencia de cielos nublados para este tipo fenómeno genera poca radiación solar incidente en superficie, y por ende, una disminución en el calentamiento diurno sumado a la presencia de lluvias a lo largo de todo el día. Esto provoca un descenso en las temperaturas máximas y la saturación excesiva de la atmósfera superficial durante todo el día.

Todas estas características se encuentran dentro de la definición del término condición meteorológica de temporal.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El ciclón tropical Nate se considera como un evento hidrometeorológico extremo para Costa Rica, esto debido a las implicaciones que presentó

en diferentes campos como el económico, el social y el ambiental.

Al considerar la mayor influencia que generó el sistema ciclónico Nate, se debe decir que es en la región RIC-1 donde se percibieron más fuertemente sus efectos y en especial hacia los aeródromos de la vertiente del Pacífico. De acuerdo con esto, las variables aeronáuticas presentaron las siguientes características: la dirección del viento predominante era del suroeste y oeste con intensidades variables entre los 8 y 16 nudos.

Se percibieron visibilidades horizontales inferiores a los 5.000 metros, además de la presencia de tiempos presentes como lluvias entre débiles a fuertes, con ocurrencia alterna de neblinas y nieblas.

Además, se produjo un aumento de la cobertura nubosa, así como una disminución de la altura a la que se presenta; es decir, se pasó de techos de nubosidad media a techos nubosos bajos inferiores a los 5.000 pies.

Las temperaturas máximas descendieron por debajo de lo normal entre 4º a 8ºC, mientras que las temperaturas medias se registraron entre 2º a 4ºC bajo lo normal.

Las condiciones meteorológicas anteriores, no representan una generalidad para cualquier otro ciclón tropical ubicado en las diferentes

regiones de influencia ciclónica (RIC), ya que en cada caso particular intervienen factores propios del ciclón tropical como son: fuerza, intensidad, velocidad de traslación y ubicación. Por otro lado, las condiciones hidrológicas previas en las que se encuentre el país y las regiones geográficas vulnerables con probabilidad de ser afectadas, también repercuten en el grado de afectación de cada evento hidrometeorológico en particular.

Se sugiere realizar investigaciones sobre la influencia de otros ciclones tropicales como el estudiados, para poder hacer una comparación de variables, así como de la homogenización de los efectos que los mismos presentan en el país.

Es necesario también investigar y relacionar estadísticamente, las implicaciones económicas que los eventos hidrometeorológicos como el analizado en este estudio generan. El conocer cómo se impactan las operaciones aeroportuarias (fluidez y continuidad), tendrá como resultado el poder cuantificar y establecer escenarios para futuras afectaciones.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Se le agradece al Departamento de Información por la ayuda prestada en la búsqueda de los datos e incentivar la pronta reparación de algunas series de tiempo que debieron recuperarse. Se le agradece al compañero Alejandro Meza Mayorga por las ideas en el diseño de algunos gráficos.

## 7. REFERENCIAS

Alfaro, L. F. y Alfaro, E. (2003). Frecuencia de los ciclones tropicales que afectaron a Costa Rica durante el siglo XX. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*. 10 (1) 1-11.

Beven, J. L. & Berg, R. (2018). *Tropical Cyclone Report: Hurricane Nate. 4-8 October, 2017*. National Hurricane Center. Florida, USA.

Ceiling. (2012). *En Meteorology Glossary, American Meteorological Society*. Recuperado de: [http://glossary.ametsoc.org/wiki/Main\\_Page](http://glossary.ametsoc.org/wiki/Main_Page)

Climate Prediction Center. (2017). *NOAA 2017-Atlantic Hurricane Season Outlook. 23 JULIO 2018*. Climate Prediction Center Internet Team. Recuperado de: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/outlooks/archives/hurricane2017/August/>

Instituto Meteorológico Nacional-Comité Regional de Recursos Hidráulicos. (2008). *Clima, variabilidad y cambio climático*. MINAET, IMN, CRRH. San José, Costa Rica.

Instituto Meteorológico Nacional. (2012). *Climatología aeronáutica. Aeropuerto Internacional Tobías Bolaños Palma*. IMN-MINAE. Recuperado de: <https://n9.cl/thbz>.

Instituto Meteorológico Nacional. (2016). *Climatología aeronáutica. Aeropuerto Internacional Daniel Oduber Quirós*. IMN-MINAE. Recuperado de: <https://n9.cl/3kja>.

Instituto Meteorológico Nacional. (2017). *Climatología aeronáutica. Aeropuerto Internacional Juan Santamaría*. IMN-MINAE. Recuperado de: <https://goo.gl/dk59RX>.

Instituto Meteorológico Nacional. (2018). *Climatología aeronáutica. Aeropuerto Internacional de Limón*. IMN-MINAE. Recuperado de: <https://n9.cl/346i>.

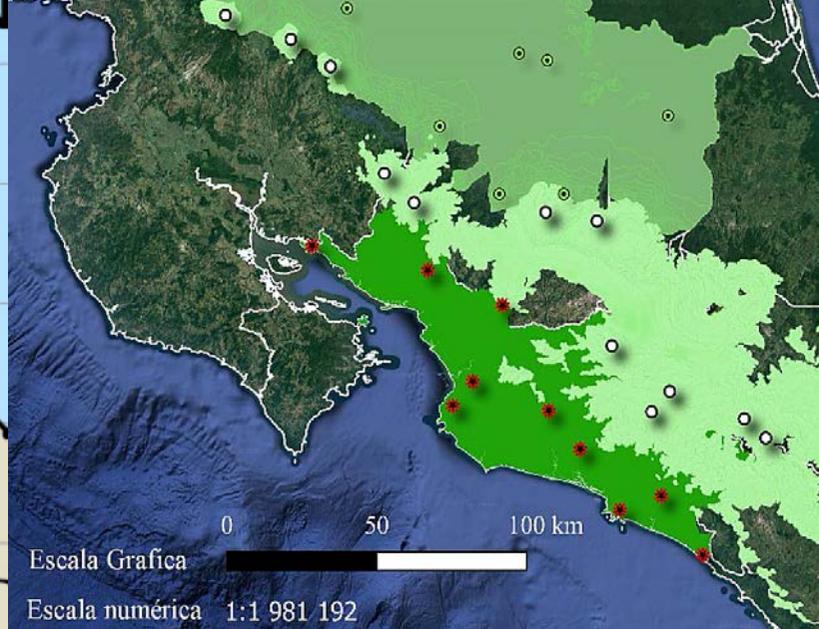
Manso, S. P. y Vargas, V. A. (1990). *Climatología aeronáutica en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*. 1-16.

Murakami, H., Hsu, P.-C., Arakawa, O. & Li, T. (2014). Influences of model biases on projected future changes in tropical cyclone frequency of occurrence. *Journal Climate*, 27, 2159–2181.

National Hurricane Center. (2017). *Monthly Tropical Weather Summary, Dec-1-2017*. Miami FL.

- Organización de Aviación Civil Internacional. (2016). *Anexo 3 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional*. 19 ed. Montreal, Canadá. OACI.
- Oliver, J.E. (2005). *Encyclopedia of World Climatology*. The Netherlands: Springer.
- Organización Meteorológica Mundial. (1992). *Vocabulario Meteorológico Internacional BMO- No.182*. Ginebra, Suiza.
- Papin, Philippe P., Bosart, L. F., & Torn, R. D. (2017). Climatology of Central American Gyres. *Monthly Weather Review*. 145, 1983-2009.
- Song, J., Klotzbach, P., Tang, J. & Wang, Y. (2018). The increasing variability of tropical cyclone lifetime maximum intensity. *Scientific Reports*, 8:16641. DOI:10.1038/s41598-018-35131-x
- Valverde, J. P. (2017). Importancia de la interpretación e implementación de las regulaciones y procedimientos meteorológicos para la aviación internacional. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*. 16 (2) 19-27.





Instituto Meteorológico Nacional

Sitio web:  
[www.imn.ac.cr](http://www.imn.ac.cr)

Teléfono: (506) 2222 5616

Apartado postal: 5583-1000  
San José  
Costa Rica

