

# Configuraciones sinópticas asociadas con la niebla y la neblina en el aeropuerto internacional "Abel Santamaría"



## Synoptic configurations associated with fog and haze at the international airport "Abel Santamaría"

CU-ID: 2377/v28n2e08

✉ Carlos Cornell Martínez\*, ✉ Amanda Maria De Armas Echevarria, ✉ Naima Somoza Rey

Oficina Principal y de Vigilancia Meteorológica, Empresa Cubana de Navegación Aérea, Ave. Panamericana y Final, Edificio ATC. Boyeros, La Habana, Cuba.

**RESUMEN:** La niebla y la neblina son fenómenos meteorológicos de reducción de la visibilidad en los aeródromos. En el aeropuerto internacional Abel Santamaría de Santa Clara, es frecuente la aparición de estos fenómenos durante todo el año, lo cual afecta la seguridad y regularidad de las operaciones aeroportuarias principalmente en horarios matutinos. Con el objetivo de identificar las configuraciones sinópticas asociadas con la niebla y la neblina en el aeropuerto internacional Abel Santamaría, se examinaron mapas sinópticos medios de diferentes variables meteorológicas de 315 días donde estos fenómenos estuvieron presente. Se determinaron cuatro configuraciones sinópticas asociadas con la ocurrencia de dichos eventos en el aeródromo, siendo la influencia anticiclónica la situación más frecuente. Además, se detectó que el periodo de mayor ocurrencia abarca los meses de octubre a abril, lo cual coincide en gran medida con el periodo poco lluvioso en Cuba. Con respecto a las variables atmosféricas, se encontró que tanto los valores altos de humedad relativa en niveles bajos como los movimientos verticales descendentes a escala sinóptica, son factores que incentivan la ocurrencia de niebla o neblina.

**Palabras clave:** niebla, neblina, configuraciones sinópticas, aeropuerto.

**ABSTRACT:** Fog and haze are a meteorological phenomenon of reduced visibility of aerodromes. At the Abel Santamaría international airport, the appearance of these phenomena is frequent throughout the year, which affects the security and regularity of airport operation's, mainly in the morning hours. In order to identify the synoptic configurations associated with fog and haze at Abel Santamaría international airport, mean synoptic maps of different meteorological variables of 315 days were examined where these phenomena were present. Four synoptic configurations associated with the occurrence of these events at the aerodrome were determined, while the anticyclonic influence being the most frequent situation. In addition, it was detected that the period of greatest occurrence covers the months of October to April, which largely coincides with the dry season in Cuba. With respect to atmospheric variables, it was found that both the high values of relative humidity in low level and the descending movements of the synoptic scale are factors that favor the occurrence of fog or haze.

**Key words:** fog, haze, synoptic configurations, airport.

## INTRODUCCIÓN

La reducción de la visibilidad en un aeródromo debido a la ocurrencia de niebla y neblina obstaculiza las operaciones aeroportuarias. La seguridad y regularidad de las operaciones aéreas, así como los atrasos en el despegue y el aterrizaje son las principales afectaciones de este fenómeno.

Internacionalmente se define como niebla a una nube en contacto con el suelo o a poca altura que envuelve al observador y restringe la visibilidad horizontal a valores inferiores a 1000 metros, y neblina a la constituida por una nube más tenue que la de la niebla y

en ella la visibilidad horizontal es superior a 1000 m e inferior a 3000 m (Ledesma & Baleriola, 2002).

Existe un amplio estudio de la niebla, pero sobre todo con un enfoque climatológico descriptivo. Destacan los realizados por (D'Antiochia et al., 2014; Marín, 1981; Martínez Mancera, 2015) en aeropuertos de Sevilla, Argentina y Colombia, respectivamente. De manera general, los autores se refieren a los fenómenos peligrosos que afectan a las aeronaves y como lograr una mejora del pronóstico. Además, no se deben pasar por alto esfuerzos numéricos y de diferentes enfoques en la previsión de nieblas como son los de (Croft et al., 1997; Kunkel, 1984; Ryerson, 2012).

\* Autor para correspondencia: Carlos Cornell Martínez. E-mail: [ccornellmartinez@gmail.com](mailto:ccornellmartinez@gmail.com)

Recibido: 23/10/2021

Aceptado: 02/05/2022

En Cuba, los estudios más destacados han sido realizados por (Álvarez et al., 2011; Guzmán, 2013), en los cuales se brinda un enfoque espacial de la niebla y se analizan los lugares y condiciones más proclives para su ocurrencia. También son de destacar las investigaciones realizadas en el aeropuerto internacional "José Martí" por (Entenza, 2007; Grillo, 2013) donde se analiza el comportamiento de la niebla, partiendo de las características locales del aeródromo, de algunas condiciones sinópticas bien definidas y de eventos climáticos estacionales. Cabe destacar que (Solares Miranda, 2014) realizó un estudio similar a los anteriores, pero en el aeropuerto internacional Ignacio Agramonte de Camagüey.

Debido a la afectación que supone para las operaciones aéreas la presencia de niebla o neblina en la pista, así como la falta de un estudio sinóptico sobre dicho fenómeno enmarcado en el aeropuerto de Santa Clara y la no existencia de una herramienta eficaz para su pronóstico en la Oficina Principal y de Vigilancia Meteorológica (OPVM), se plantea como objetivo central de esta investigación identificar las configuraciones sinópticas asociadas con la niebla y la neblina en el aeropuerto internacional Abel Santamaría en el periodo 2012-2020.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El aeropuerto internacional "Abel Santamaría" se localiza en la latitud 22° 29' 32" norte y longitud 79° 56' 37" oeste (Figura 1) en la provincia Villa Clara, Cuba. Se encuentra aproximadamente a 103 metros sobre el nivel medio del mar (msnm) con unas dimensiones de 3017 metros de largo por 45 metros de ancho.

Para la realización de este estudio se seleccionaron los datos horarios de las observaciones del aeródromo en el periodo 2012-2020; teniendo en cuenta la escasez de observaciones registradas y archivadas en años anteriores al 2012. La serie de datos de las variables meteorológicas seleccionadas (dirección y velocidad del viento, visibilidad horizontal, tiempo presente,

temperatura, presión y humedad relativa) se encontraba en el banco de datos climatológicos de la Empresa Cubana de Navegación Aérea (ECNA).

Para el procesamiento de la serie de datos fue empleado el software Microsoft Excel 2016. Se analizó la información y se detectaron 315 días de estudio donde el fenómeno de tiempo presente registrado fuese cualquier tipo de niebla o neblina que disminuyera la visibilidad horizontal a valores inferiores a los 5000 m. Estos casos representaron el 9,6 % del total de días del periodo de estudio. Por lo tanto, después de conformada la base de datos con los días de estudio correspondientes, se le aplicó la estadística descriptiva, la cual permitió caracterizar el comportamiento de la muestra seleccionada en los 9 años de estudio.

La identificación de los casos de la niebla y la neblina se realizó a partir de las nomenclaturas de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) que aparecen en el Manual de Meteorología Aeronáutica (IACC, 2017). Se notifica la niebla con las letras FG en las observaciones de aeródromo, si la visibilidad es inferior a 1000 m, excepto si se califica como "MI", "BC", "PR" o "VC"; y la neblina con las letras BR cuando la visibilidad es al menos 1000 m pero no superior a los 5000 m.

Posteriormente se adquirieron los mapas sinópticos medios de cada día de estudio, para analizar el fondo sinóptico existente e imperante sobre la región de estudio. Se emplearon los mapas de presión a nivel medio del mar y altura geopotencial en los niveles de Superficie, 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa y 200 hPa (niveles básicos para el análisis sinóptico y el trabajo operativo). Estos mapas fueron descargados desde el sitio web del National Center for Environmental Prediction (NCEP) / National Center for Atmospheric Research (NCAR) perteneciente a la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés).

Se seleccionó el espacio sinóptico comprendido entre las coordenadas 10°N-35°N y 60°W-100°W con una resolución horizontal de 2.5 grados y formado por 160 puntos de rejilla, para tener en cuenta el fondo si-



Fuente: Google Maps

Figura 1. Región de estudio, aeropuerto internacional Abel Santamaría, Villa Clara.

nóptico presente, para los eventos de niebla y neblina (Figura 2).

Una vez determinadas las configuraciones sinópticas presentes fueron clasificadas en grupos de forma manual o subjetiva, fundamentados en la apreciación cualitativa del especialista. Con este método de clasificación se realizó una subdivisión detallada de los procesos circulatorios.

Luego se analizaron estas configuraciones sinópticas con los mapas medios de las diferentes variables meteorológicas, para detectar el comportamiento termodinámico en la capa Superficie - 850 hPa. Para esto se utilizaron las variables: velocidad media del viento, temperatura, humedad relativa y velocidad vertical ( $\omega$ ). Se determinaron los valores máximos, mínimos y medios de cada una de ellas en los distintos niveles troposféricos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

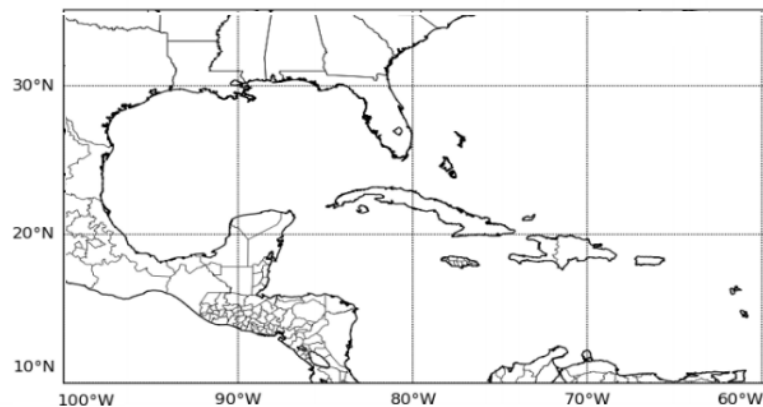
Después de analizada la base de datos de reportes de niebla y neblina en el aeropuerto internacional Abel Santamaría, se arribó a un total de 315 días con la presencia de dichos fenómenos afectando el área de

estudio. El análisis interanual (Gráfico 1) de este evento meteorológico muestra la variada distribución de casos durante los meses del año.

Resulta notorio que la mayor cantidad de días con niebla y neblina se agrupan entre los meses de octubre y abril, los cuales coinciden, casi en su totalidad, con el periodo poco lluvioso en Cuba, como ha sido descrito por autores nacionales como (Alfonso & Florido, 1992; Álvarez et al., 2011; Ledesma & Baleriola, 2002; Rojas et al., 2008). El mes de diciembre muestra la mayor ocurrencia de dichos fenómenos durante el periodo de estudio. Este máximo estuvo asociado con la marcada incidencia de diferentes procesos sinópticos como la influencia de frentes fríos, altas presiones continentales migratorias de origen ártico o polar e influencia del anticiclón subtropical del Atlántico norte, todos mencionados por (Fernández & Díaz, 2005) para el bimestre noviembre-diciembre.

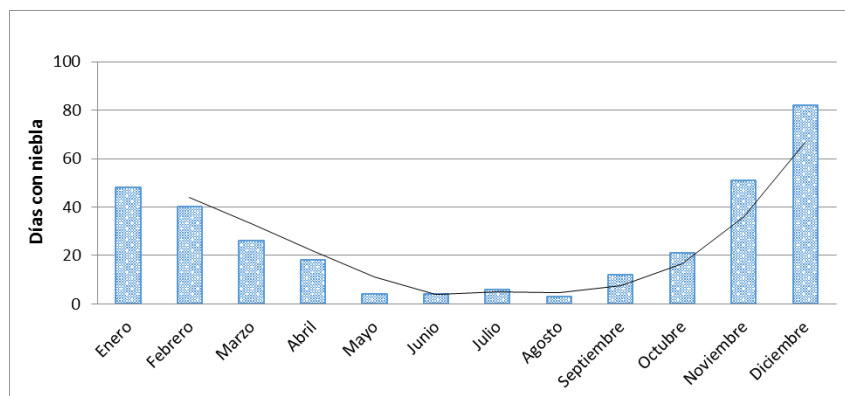
### Configuraciones sinópticas asociadas con la ocurrencia de niebla y neblina

Los 315 días con niebla o neblina se agruparon en cuatro configuraciones sinópticas favorables a este



Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day/>

Figura 2. Espacio sinóptico empleado en el estudio.



Fuente: Elaborado por el autor

Gráfico 1. Distribución anual de los días con niebla y neblina en el periodo 2012-2020.

evento hidro-meteorológico. Las mismas se conformaron teniendo en cuenta la posición en superficie del sistema de escala sinóptica imperante en la región de estudio, así como su estructura en los diferentes niveles troposféricos. Se obtuvo la siguiente distribución de configuraciones sinópticas de fondo sobre el área de estudio:

1. Influencia anticiclónica en superficie

- I. Influencia anticiclónica en superficie con alto geopotencial hasta niveles altos (IATT)
- II. Influencia anticiclónica en superficie con frente frío en el golfo de México (IAFF)
- III. Influencia anticiclónica en superficie con vaguada en la altura (IAVA)

2. Sistemas frontales transitando sobre la FIR Havana<sup>1</sup>

- I. Frente frío transitando sobre la mitad occidental de la FIR Havana (FF)
- II. Frente casi-estacionario sobre la mitad occidental de la FIR Havana (FC)

3. Vaguadas transitando sobre la FIR Havana

- I. Vaguada en superficie y niveles bajos sobre la mitad occidental de la FIR Havana y vaguada invertida en los mares al sur de la región oriental de la FIR Havana (VSB)
- II. Vaguada en niveles medios y altos sobre el occidente de la FIR Havana (VMA)

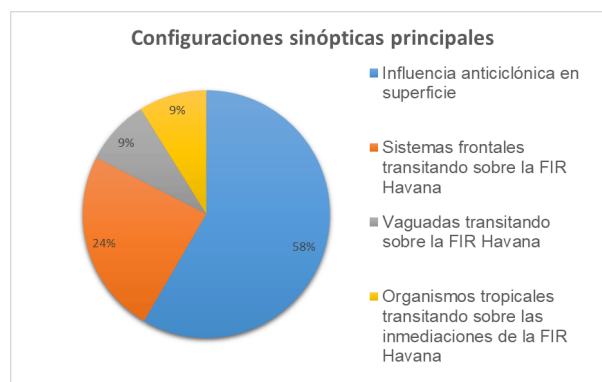
4. Organismos tropicales transitando sobre las inmediaciones de la FIR Havana

- I. Onda tropical transitando sobre la mitad oriental de la FIR Havana (OT)
- II. Sistema de bajas presiones sobre las inmediaciones de la región occidental la FIR Havana (BOC)

III. Sistema de bajas presiones sobre las inmediaciones de la región oriental de la FIR Havana (BOR)

El **Gráfico 2** muestra el porcentaje de días con eventos de niebla o neblina perteneciente a las configuraciones sinópticas identificadas. La influencia anticiclónica en superficie constituye la configuración sinóptica que más aportó casos de estudio, representando el 58 % del total de casos. Como segunda configuración más frecuente tenemos la presencia de sistemas frontales transitando sobre la FIR Havana, con el 24 % de los casos; mientras que las vaguadas y los organismos tropicales transitando por las inmediaciones de la FIR, no superan en conjunto el 18 % de los días de estudio.

En el caso de la influencia anticiclónica en superficie sobre la FIR se detectaron 184 días con niebla o neblina en el aeropuerto internacional Abel Santa María como se observa en el **Gráfico 3**. De ellos se presentaron 87 días con influencia anticiclónica y alto geopotencial hasta niveles altos de la tropósfera, 55 días con influencia anticiclónica y frente frío en el golfo de México y 42 días con influencia anticiclónica con vaguada en la altura. Como segunda configuración más frecuente se cuenta con sistemas frontales transitando sobre la FIR Havana. Dentro de este grupo se incluyen dos situaciones sinópticas fundamentales: frente frío transitando sobre la mitad occidental (48 días) y frente casi-estacionario sobre la mitad occidental (28 días). Por otra parte, se detectaron 27 días con vaguadas transitando sobre la FIR. La configuración sinóptica menos frecuente sobre la región de estudio constituye los organismos tropicales transitando sobre la FIR Havana. Esta se subdivide en: onda tropical transitando sobre la mitad oriental de la FIR, sistema de bajas presiones sobre las inmediaciones de la región occidental de la FIR y sistema de bajas presiones sobre las inmediaciones de la región oriental de la FIR.



Fuente: Elaborado por el autor

**Gráfico 2.** Porcentaje de días con niebla o neblina para cada configuración sinóptica .

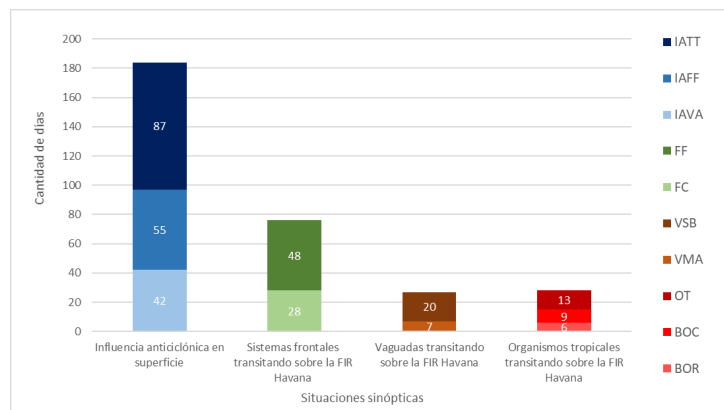
<sup>1</sup>Región de información de vuelo de Cuba (FIR Havana): Espacio aéreo de dimensiones definidas dentro del cual se facilitan los servicios de información de vuelo y de alerta en la República de Cuba.

### Influencia anticiclónica en superficie

Los 87 días con influencia anticiclónica en superficie con alto geopotencial hasta niveles altos (Figura 3) se caracterizaron, como promedio, por una marcada influencia de un centro de alto barómetro (presión máxima aproximada de 1021 hPa) localizado en superficie en las inmediaciones de los 31° de latitud norte y los 67° de longitud oeste. El mismo se haya extendido en forma de cuña al oeste y al oeste-suroeste internándose hasta el centro del golfo de México y el mar Caribe occidental. La estructura de este sistema en superficie y niveles bajos impone sobre la región de estudio vientos del este al sudeste, aportando humedad en esta capa y permitiendo su concentración hacia el interior incentivado por el sistema de brisas. En los niveles medios y altos de la troposfera se localizan centros de alto geopotencial desplazados desde las inmediaciones de las Bahamas hasta el Caribe centro-occidental, evidenciando gran estabilidad en la capa 700 - 200 hPa; esta situación permite que la humedad

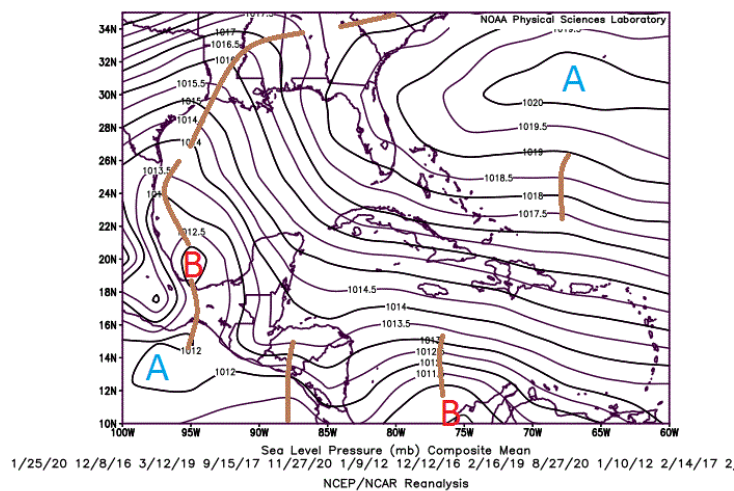
se limite solamente a las capas bajas y cercanas a la superficie.

La Figura 4 muestra la situación: influencia anticiclónica en superficie con frente frío en el golfo de México, que se caracteriza por presentar un centro de altas presiones localizado sobre las inmediaciones de los 28° de latitud norte y los 61° de longitud oeste, con una presión central aproximada de 1020 hPa. La cuña anticiclónica se halla limitada hasta la región noroccidental de la FIR y la península de la Florida, imponiendo sobre la región de estudio vientos del sudeste al sur en superficie y niveles bajos, como se describe en la situación anterior. Sin embargo, se observa un frente frío que se extiende desde el sudeste de los Estados Unidos hasta el centro del golfo de México que induce un aumento de la advección de humedad sobre el área de estudio. Además, en los niveles medios y altos de la tropósfera la superficie frontal se encuentra desplazada típicamente hacia el oeste con la altura imponiendo vientos del tercer cuadrante sobre el área, los cuales provocan aumento de la humedad en toda la columna troposférica.



Fuente: Elaborado por el autor

Gráfico 3. Distribución de configuraciones sinópticas por situaciones.



Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day/>

Figura 3. Mapa medio de presión a nivel medio del mar (hPa)

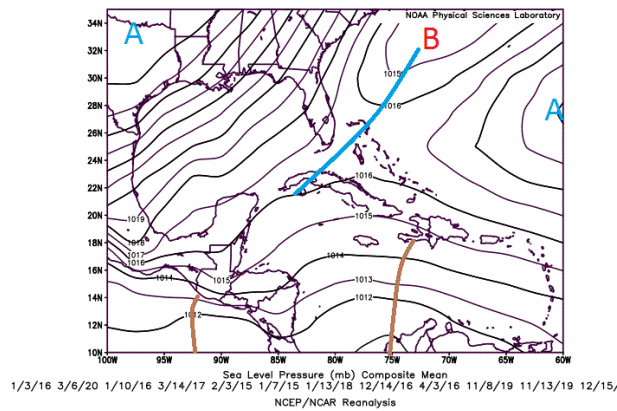
En los restantes días con influencia anticiclónica en superficie predominaron vaguadas en el aire superior. Este grupo se caracterizó por una marcada influencia anticiclónica en superficie, como se observa en la **Figura 5a**, con un centro de alto barómetro (aproximadamente 1021 hPa) que se localiza sobre los 32° de latitud norte y los 65° de longitud oeste y un centro secundario (aproximadamente 1017 hPa) sobre Georgia, en el sudeste de los Estados Unidos. Esta situación genera en superficie y niveles bajos vientos del este al sudeste sobre la región de estudio, situación similar a las anteriormente descritas. En los niveles medios y altos de la troposfera (**Figura 5b**) se encuentra una vaguada cuyo eje se extiende desde el sudeste de los Estados Unidos, pasando sobre la península de la Florida y la región de estudio, hasta internarse en el Caribe occidental. A pesar de que esta situación en la altura no genera gran estabilidad, sí aporta humedad a toda la columna troposférica, por lo que constituye la cuarta situación de mayor frecuencia.

### Sistemas frontales transitando sobre la FIR Havana

En el mapa medio relacionado con la situación frente frío transitando sobre la mitad occidental de la FIR

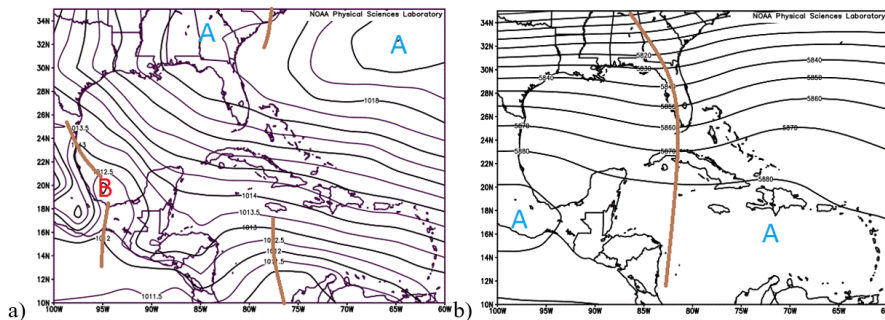
Havana (**Figura 6**), se puede evidenciar la presencia de un frente frío asociado con un centro de bajas presiones localizado en superficie en las inmediaciones de los 33° de latitud norte y los 72° de longitud oeste. Dicho frente frío se extiende sobre las Bahamas septentrionales, el estrecho de la Florida y cruza sobre la región occidental de Cuba; evidenciándose sobre la región central y oriental la presencia de vientos débiles del primer y segundo cuadrante asociados con la débil influencia anticiclónica por delante del frente y el débil gradiente bórico. Estas condiciones incentivan el aumento de la humedad en superficie y niveles bajos sobre el área, así como vientos variables y débiles, condiciones necesarias para la ocurrencia de niebla en Cuba (**Guzmán, 2013**).

La situación frente casi-estacionario sobre la mitad occidental de la FIR Havana, que posee 27 días del total de casos de estudio, como se observa en la **Figura 7** está determinada por un frente casi-estacionario que se extiende de nordeste a suroeste sobre las Bahamas y la región occidental de Cuba internándose en el estrecho de Yucatán. Esta situación impone sobre la región de estudio vientos variables débiles y valores de humedad altos en las capas bajas de la troposfera antes de la entrada del anticiclón migratorio que sucede al paso de dicho sistema.



Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day/>

**Figura 4.** Mapa medio de presión a nivel medio del mar (hPa).



Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day/>

**Figura 5.** Mapas medios a) Presión a nivel medio del mar (hPa). b) Altura geopotencial de 500hPa (m).

## Vaguadas transitando sobre la FIR Havana

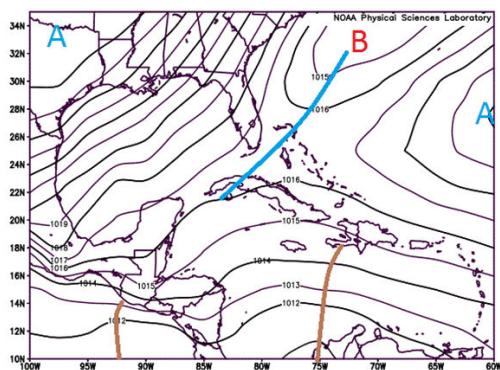
La situación sinóptica vaguada en superficie y niveles bajos sobre la mitad occidental de la FIR Havana y vaguada invertida en los mares al sur de la región oriental de la FIR, tiene como características fundamentales la presencia de una perturbación en el flujo del oeste con representación desde superficie hasta 3 km de altura aproximadamente. Como se observa en la **Figura 8a**, el eje de una de las vaguadas está asociado con un área de bajas presiones al este del saco de Charleston y se extiende sobre las Bahamas noroccidentales hasta el nordeste de la región occidental de Cuba; mientras que aparece una vaguada invertida sobre los mares al sur de la región oriental de Cuba. Estos dos sistemas imponen sobre la región de estudio vientos débiles y un aumento significativo de la humedad en niveles bajos, condiciones favorables para la formación de nieblas y neblinas. Por otra parte, en la **Figura 8b** la vaguada en el flujo de los oeste se encuentra bien representada en el nivel 850 hPa, cruzando sobre la mitad occidental de Cuba y la vaguada invertida se encuentra desplazada hacia el este con respecto a su posición en superficie, influyendo de manera significativa en el área.

Con solo 7 casos de estudio se presentaron las vaguadas en niveles medios y altos sobre el occidente de

la FIR (**Figura 9**). Esta situación presenta en superficie débil influencia de las altas presiones lo cual genera vientos débiles; mientras que en la capa 700-200 hPa se observa el eje de la vaguada sobre las inmediaciones de la región occidental de Cuba imponiendo vientos del tercer cuadrante sobre la región de estudio, constituyendo un aporte significativo de humedad en la media y alta troposfera. A pesar de los aportes de humedad esta situación carece de la estabilidad necesaria para la frecuente ocurrencia de niebla o neblina, evidenciándose así la escasez de casos.

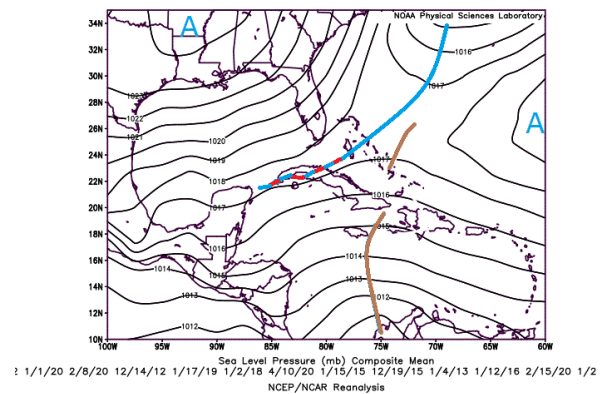
## Organismos tropicales transitando sobre las inmediaciones de la FIR Havana

Dentro de esta configuración tenemos las ondas tropicales transitando sobre la mitad oriental de la FIR Havana con una mayor frecuencia. Se observa en la **Figura 10** el eje de la onda del este transitando sobre la mitad oriental de Cuba, el oeste de Jamaica y el sur del mar Caribe asociada con un centro de bajas presiones al noroeste de Colombia. Esta onda tropical tiene representación típica en los niveles bajos de la troposfera y hasta 3 km de altura imponiendo vientos del primer y segundo cuadrante sobre la región de estudio, aportando altos valores de humedad. En los



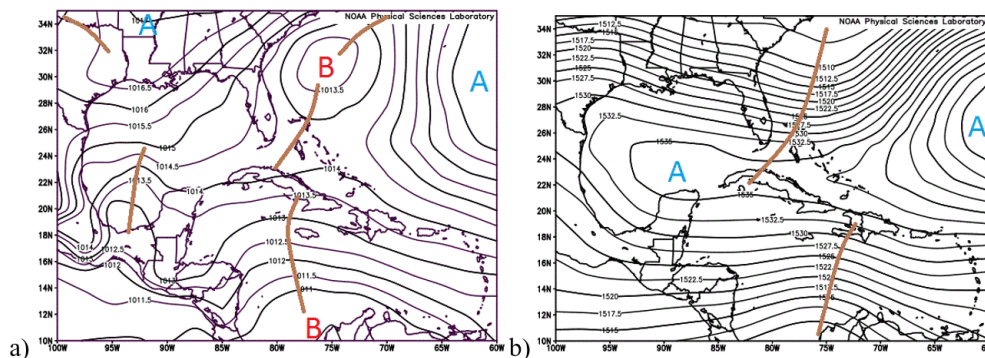
Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day>

**Figura 6.** Mapa medio de presión a nivel medio del mar (hPa).



Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day>

**Figura 7.** Mapa medio de presión a nivel medio del mar (hPa).



Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day/>

**Figura 8.** Mapas medios a) Presión a nivel medio del mar (hPa). b) Altura geopotencial de 850 hPa (m).

pocos casos que se reportó niebla bajo esta situación, la estabilidad troposférica delante del eje de la onda tropical propició la ocurrencia de dicho fenómeno.

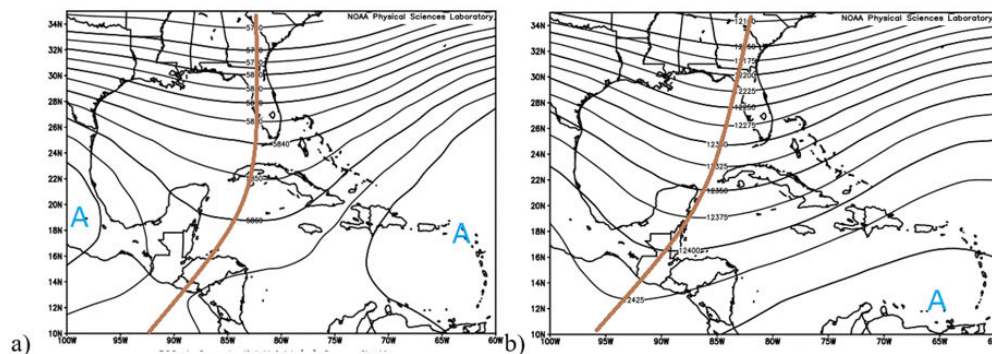
Otra de las situaciones encontradas en este grupo fue la presencia de sistemas de bajas presiones sobre las inmediaciones de la región occidental de la FIR Havana como se observa en la **Figura 11**. Dicho sistema tiene un centro al norte de la península de Yucatán y bien estructurado hasta niveles medios, extendiendo su influencia sobre el extremo occidental de Cuba. La presencia de este sistema impone sobre el área de estudio un flujo de vientos del segundo cuadrante aportando abundante humedad en las capas bajas de la troposfera, pero la escasez de casos se debe a la inestabilidad generada por los centros de bajas presiones sobre todo el área.

Los organismos tropicales menos frecuentes fueron los sistemas de bajas presiones sobre las inmediaciones de la región oriental de la FIR Havana con solo 6 casos de estudio. En la **Figura 12** se observa un centro de bajo barómetro al norte de la región oriental de Cuba que impone su circulación sobre gran parte de la FIR, aportando vientos del primer cuadrante sobre la región de estudio en combinación con un sistema de altas presiones continentales con su centro sobre el sudeste de los Estados Unidos y su dorsal extendida

hasta Centroamérica. La interacción de ambos fenómenos sobre la región de estudio provoca un aumento de la humedad en los niveles bajos y estabilidad en los niveles medios y altos de la tropósfera. Sin embargo, la rareza con la que se presentó este fenómeno se debe, fundamentalmente, a los vientos fuertes del primer cuadrante.

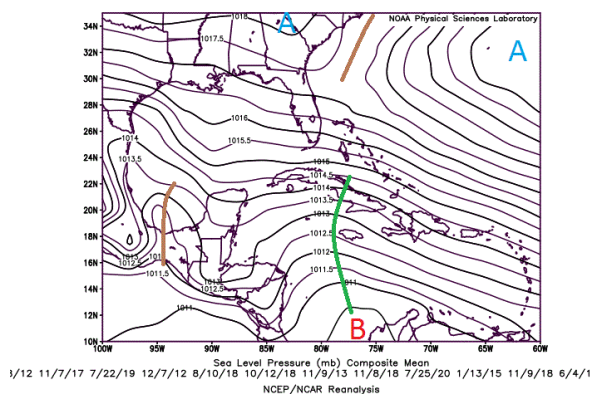
### Análisis de las variables meteorológicas para las situaciones sinópticas (Superficie, 1000 hPa, 925 hPa, 850 hPa)

Luego de analizar los mapas medios de diferentes variables meteorológicas para cada situación sinóptica y como se puede observar en la **Tabla 1**, se detectó que, en los casos de estudio con niebla y neblina en el aeropuerto internacional Abel Santamaría el viento en superficie y niveles bajos se mantuvo de forma general con velocidades medias inferiores a los 25 km/h. Los vientos máximos en superficie se presentaron en las situaciones de influencia anticiclónica en superficie con alto geopotencial hasta niveles altos, sistemas de bajas presiones sobre las inmediaciones de la región oriental y frentes casi-estacionarios transitando sobre la mitad occidental de la FIR; precisamente fueron estas situaciones las que presentaron un mayor



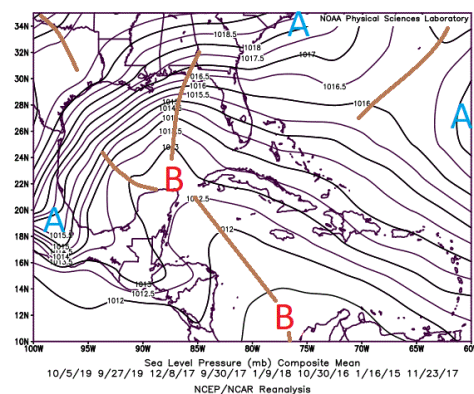
Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day/>

**Figura 9.** Mapas medios de altura geopotencial a) 500 hPa . b) 200 hPa.



Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day/>

**Figura 10.** Mapa medio de presión a nivel medio del mar (hPa).



Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day/>

**Figura 11.** Mapa medio de presión a nivel medio del mar (hPa).



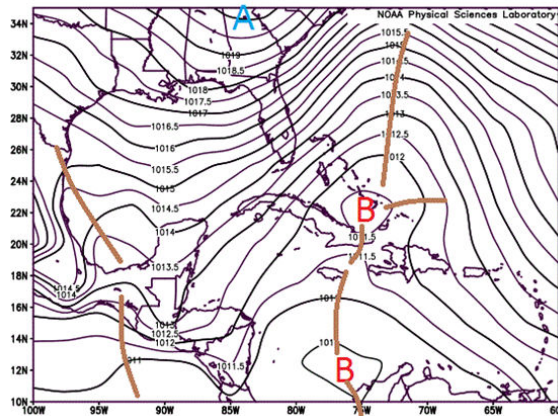
gradiente de presión sobre la región de estudio; mientras que, los valores más débiles de velocidad del viento en la capa superficie-850 hPa se observaron para los frentes fríos y de manera general para las vaguadas transitando sobre la FIR Havana.

Las temperaturas diarias medias en superficie en todas las situaciones sinópticas oscilaban entre 24 y 27 °C, siendo los valores mínimos los encontrados ante la presencia de frentes casi-estacionarios, y comportándose así en todos los niveles bajos de la tropósfera. En los casos donde se observaron en la mitad occidental de la FIR frentes fríos o vaguadas en superficie y niveles bajos con vaguada invertida en los mares al sur de la región oriental se presentaron los núcleos de temperaturas cálidas en las regiones central y oriental; mientras que, en la región occidental, se observaron gradientes de temperaturas bien marcados.

Los mapas medios de humedad relativa reflejaron tener siempre valores superiores a 65 % por debajo de los 925 hPa, alcanzando máximos en superficie y 1000 hPa entre 77 y 85 %. Para esta variable se presentaron los sistemas frontales transitando sobre la FIR Havana, así como la influencia anticiclónica con frente frío en el golfo de México como las situaciones que más aportaron humedad a la región de estudio y

de forma significativa en la capa superficie-1000 hPa. En el caso de la presencia de sistema de bajas presiones sobre las inmediaciones de la región occidental, a pesar de tener pocos casos de estudio, la humedad relativa asociada se considera significativa teniendo una lenta disminución con la altura y presentándose núcleos con valores altos sobre y al norte de la región de estudio. De forma general, en la mayoría de los casos se comprobó que en los niveles medios y altos de la tropósfera los valores de humedad relativa fueron bajos.

Los movimientos verticales a escala sinóptica resultaron descendentes en casi todas las situaciones, excepto en los sistemas de bajas presiones sobre las inmediaciones de la región occidental, donde los movimientos fueron ascendentes. El valor máximo encontrado fue de 0,04 Pa/s en los niveles 925 y 850 hPa en el caso de la influencia anticiclónica en toda la columna troposférica. Precisamente esta la situación con valores más elevados de velocidad vertical descendente en la capa superficie-850 hPa. Además, las vaguadas en todos los niveles troposféricos presentaron valores positivos de velocidad vertical significativos, evidenciándose en los mapas medios de movimientos verticales.



Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day/>

Figura 12. Mapa medio de presión a nivel medio del mar (hPa).

Tabla 1. Valores medios de variables meteorológicas. Fuente: Elaborado por el autor.

	Viento(km/h)				Temperatura (°C)				Humedad relativa (%)				$\omega$ (Pa/s)		
	SFC	1000	925	850	SFC	1000	925	850	SFC	1000	925	850	1000	925	850
IATT	25	24	28	16	26	25	20	16	80	80	71	57	0.02	0.04	0.04
IAFF	16	16	11	7	26	24	20	16	83	83	68	57	0.01	0.02	0.03
IAVA	21	20	18	11	27	26	22	18	77	77	63	57	0.02	0.03	0.03
FF	11	9	4	0	26	25	21	16	83	85	67	65	0.01	0.01	0.01
FC	23	18	13	7	24	23	19	15	85	83	75	65	0.01	0.02	0.02
VSB	13	9	7	0	27	26	22	18	75	77	65	57	0.02	0.03	0.03
VMA	13	11	9	4	26	25	21	16	80	77	73	70	0.04	0.03	0.03
OT	20	18	16	13	27	26	22	18	80	79	68	57	0.02	0.01	0.01
BOC	18	16	14	9	27	26	21	19	85	83	73	67	0.02	-0.02	-0.02
BOR	22	16	13	9	26	25	21	19	79	80	67	55	0.02	0.02	0.03

## CONCLUSIONES

1. Se determinan cuatro configuraciones sinópticas asociadas con la ocurrencia de niebla o neblina en el aeropuerto internacional Abel Santamaría constituyendo la influencia anticiclónica la situación más frecuente.
2. El periodo de mayor ocurrencia de niebla y neblina es octubre-abril, lo cual coincide en gran medida con el periodo poco lluvioso en Cuba, siendo diciembre el mes más afectado con dichos fenómenos.
3. La humedad relativa alta en los niveles bajos de la troposfera resulta significativa para los procesos de niebla y neblina, constituyendo los sistemas de bajo barómetro cercanos a la región occidental de la FIR Havana los que más aportan al aumento de esta variable.
4. Los movimientos verticales a escala sinóptica son descendentes en casi todas las situaciones, resultando más evidente en los casos de influencia anticiclónica en superficie con alto geopotencial hasta niveles altos.

## REFERENCIAS

- Alfonso, A. P., & Florido, A. (1992). *El clima de Matanzas*. Academia.
- Álvarez, E., Borrajero, M., Álvarez, M., & León, L. (2011). Estudio de la marcha interanual de la frecuencia de ocurrencia de los fenómenos nieblas y neblinas a partir del código de estado de tiempo presente. *Revista Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 12, 31-46.
- Croft, P. J., Pfof, R. L., Medlin, J. M., & Johnson, G. A. (1997). Fog forecasting for the southern region: A conceptual model approach. *Weather and Forecasting*, 12(3), 545-556.
- D'Antiochia, G., Schiazzano, M., & Auzmending, D. (2014). *Tratamiento de fenómenos meteorológicos severos para la aviación en el Aeropuerto Ezeiza*. III Congreso Argentino de Ingeniería Aeronáutica (CAIA 3), La Plata, Argentina.
- Entenza, L. (2007). *Estudios sobre la ocurrencia de niebla en el Aeropuerto Internacional "José Martí"*. Memorias del IV Congreso Cubano de Meteorología, La Habana, Cuba.
- Fernández, A., & Díaz, Y. (2005). *Catálogo de Procesos Sinópticos del Archipiélago Cubano en el periodo 1979-1993* [Catálogo].
- Grillo, N. (2013). *La niebla en el Aeropuerto Internacional José Martí, su relación con los eventos y variables meteorológicas* [Tesis de Grado]. Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas.
- Guzmán, L. (2013). *Condiciones favorables para la ocurrencia de nieblas en Cuba* [Tesis de Licenciatura en Meteorología]. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas.
- IACC. (2017). *Manuales Aeronáuticos Cubanos* (Manual 5ta Edición). Instituto de Aviación Civil de Cuba.
- Kunkel, B. A. (1984). Parameterization of droplet terminal velocity and extinction coefficient in fog models. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 23(1), 34-41.
- Ledesma, M., & Baleriola, G. (2002). *Meteorología aplicada a la aviación*. International Thomson Paraninfo.
- Marín, J. R. (1981). *Nieblas en el aeropuerto de Sevilla*.
- Martínez Mancera, A. R. (2015). *Análisis de las condiciones a escala local para el pronóstico de niebla o neblina en el aeródromo "Ernesto Esguerra Cubides"* [Tesis de Maestría]. Departamento de Geociencia.
- Rojas, Y., Maura, L., Carnesoltas, M., & Laborde, N. (2008). *Comportamiento de la niebla y la neblina en la provincia Guantánamo*. IV Congreso Cubano de Meteorología Tropical, Convención Trópico 2008, La Habana, Cuba.
- Ryerson, W. R. (2012). *Toward improving short-range fog prediction in data-denied areas using the Air Force Weather Agency mesoscale ensemble*. NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL MONTEREY CA.
- Solares Miranda, A. (2014). *Comportamiento de la niebla en el área del aeropuerto internacional «Ignacio Agramonte» de Camagüey en el periodo 2000-2012* [Tesis de Grado]. Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas.

*Carlos Cornell Martínez.* Oficina Principal y de Vigilancia Meteorológica, Empresa Cubana de Navegación Aérea, Ave. Panamericana y Final, Edificio ATC. Boyeros, La Habana, Cuba.

*Amanda María De Armas Echevarría.* Oficina Principal y de Vigilancia Meteorológica, Empresa Cubana de Navegación Aérea, Ave. Panamericana y Final, Edificio ATC. Boyeros, La Habana, Cuba, [amydae2012@gmail.com](mailto:amydae2012@gmail.com)

*Naima Somoza Rey.* Oficina Principal y de Vigilancia Meteorológica, Empresa Cubana de Navegación Aérea, Ave. Panamericana y Final, Edificio ATC. Boyeros, La Habana, Cuba, [naisomoz94@gmail.com](mailto:naisomoz94@gmail.com)

**Conflicto de intereses:** Los autores no declaran conflictos de intereses.

**Contribución de autoría:** Carlos Cornell Martínez y Amanda M. De Armas Echevarría: **Análisis formal y conceptualización.** Carlos Cornell Martínez y Amanda M. De Armas Echevarría: **Metodología, validación y visualización de los datos.** Todos los autores: **contribuyeron a la primera redacción, a la revisión y a la edición del artículo.**

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)