

Los tipos de situaciones sinópticas que influyen sobre la mitad occidental de Cuba y su relación con la rapidez media del viento en La Fe, Isla de la Juventud



<https://eqrcode.co/a/yP4RbW>

The types of synoptic situations that influence the western half of Cuba and their relationship with the average wind speed in La Fe, Isle of Youth

✉Edgardo Soler Torres*, ✉Luis M. Sánchez Suárez, ✉Luis B. Lecha Estela, ✉Yuslandis Verdecia Naranjo

Centro Meteorológico de la Isla de la Juventud. Calle 41 No. 4625 entre 46 y 54, Nueva Gerona. C.P. 25100, Isla de la Juventud.

RESUMEN: Empleando los métodos de la climatología sinóptica, con un enfoque de circulación atmosférica a medio ambiente en superficie, se establecen las relaciones entre las situaciones sinópticas que influyen sobre la mitad occidental de Cuba y la rapidez media diaria del viento en la estación meteorológica de La Fe, Isla de la Juventud, utilizando periodos decenales entre 1971 y 2017. El resultado demuestra que la variabilidad multianual de la rapidez media del viento en La Fe está asociada a los cambios en las frecuencias de ocurrencia de las situaciones sinópticas, según los periodos que componen la actual época de circulación atmosférica global, así como, que en la marcha anual existen relaciones estadísticas entre algunos tipos específicos de situaciones sinópticas que influyen sobre la mitad occidental de Cuba y la rapidez media diaria del viento en la estación meteorológica de La Fe. También, se define un periodo único en el año con valores extremos de rapidez media diaria del viento por encima de 10 m/s que ocurre entre las decenas 22 y 31 del año (agosto-inicios de noviembre), donde el 65% de ellos está asociado a los ciclones tropicales. Finalmente, se establece un periodo de 22 decenas consecutivas en el año, donde la influencia del anticiclón continental migratorio, como situación sinóptica predominante, determina la existencia y estacionalidad del potencial eólico en la Isla de la Juventud.

Palabras claves: Climatología sinóptica, Situación sinóptica, Rapidez media del viento.

ABSTRACT: Using the methods of synoptic climatology, with an atmospheric circulation approach to the surface environment, the relationships between the synoptic situations that influence the western half of Cuba and the average daily wind speed at the La Fe meteorological station, Isle of Youth, are established using ten-year periods between 1971 and 2017. The result shows that the multi-year variability of the mean wind speed in La Fe is associated with changes in the frequencies of occurrence of synoptic situations, according to the periods that make up the current epoch of global atmospheric circulation, as well as, in the annual march there are statistical relationships between some specific types of synoptic situations that influence the western half of Cuba and the mean daily wind speed at the La Fe meteorological station. Single period in the year with extreme values of mean daily wind speed above of 10 m/s that occurs between the 22nd and 31st tens of the year (August-beginning of November), where 65% of them are associated with tropical cyclones. Finally, a period of 22 consecutive tens is established in the year, where the influence of the migratory continental anticyclone, as the predominant synoptic situation, determines the existence and seasonality of the wind potential in the Isle of Youth.

Key words: Synoptic climatology, Synoptic situation, Average wind speed.

INTRODUCCIÓN

A finales de los años ochenta del siglo pasado se dio a conocer un criterio subjetivo de clasificación de los tipos de situaciones sinópticas influyentes sobre Cuba (Lapinel, 1988), que tenían una relación definida con la ocurrencia o no de precipitaciones en el

territorio nacional. Años después se aplicó la misma clasificación para analizar si existía una relación entre esos procesos sinópticos y la ocurrencia de máximos diarios de ciertas enfermedades crónicas no transmisibles, comprobándose que esa relación existe (Lecha, 1995).

*Autor para correspondencia: Edgardo Soler Torres. E-mail: edgardosoler2@gmail.com

Recibido: 23/09/2020

Aceptado: 15/07/2021

Las clasificaciones obtenidas con métodos de la climatología sinóptica también se han empleado para estudiar el potencial energético del viento en Cuba. Carrasco *et al.* (2011) encontraron que la brisa de mar favorece al flujo sinóptico que entra a la costa, sobre todo cuando la influencia de la brisa de primera especie es fuerte, siendo el mejor escenario sinóptico para un buen aprovechamiento del recurso eólico. Mientras, Perdigón *et al.* (2012) definieron 14 condiciones sinópticas favorables (CSF) y examinaron su distribución de frecuencias por meses del período poco lluvioso del año para el aprovechamiento de la energía eólica, además, identificaron que el 47 % de los días con anomalías significativas de la rapidez media del viento estuvieron asociados con la influencia del anticiclón continental migratorio.

Recientemente, utilizando el método de clasificación de los TSS que influyen sobre la región occidental y oriental Cuba (Lapinel, 1988), se ha completado una base de datos para el período 1971-2017. En su versión actual, la clasificación se organiza taxonómicamente en cuatro grupos básicos, ocho tipos y 19 subtipos (Lecha, 2020). Los grupos están dados por los procesos sinópticos principales: anticiclónicos, frontales, ciclónicos y débiles gradientes de presión.

Basado en la climatología sinóptica con un enfoque *circulación atmosférica a medio ambiente en superficie* (Yarnal, 1993), el objetivo fue determinar las relaciones entre los tipos de situaciones sinópticas (TSS) influyentes sobre la mitad occidental de Cuba y las clases de rapidez media diaria (RMV) del viento en la estación meteorológica de La Fe, Isla de la Juventud.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el nivel regional se utilizó la información de la *circulación atmosférica* brindada por la base de datos de los TSS que influyen sobre la mitad occidental de Cuba (Lecha, 2020) actualizada para el período 1971-2017, codificados (Tabla 1) según su orden original dado por Lapinel (1988).

Como información a nivel local del *medio ambiente en superficie* se emplearon los datos de rapidez media diaria del viento de la estación meteorológica de La Fe, representativa de la región climática interior en la

Isla de la Juventud, donde el relieve es predominantemente llano, pues su extensión con alturas inferiores a 40 m cubre un área de 2 009 km², lo que equivale al 91.5 % del total de su superficie (Colectivo, 2002).

Los datos fueron sometidos a un proceso de validación y posteriormente se realizó el análisis estadístico descriptivo para obtener la climatología de la rapidez media diaria del viento en La Fe.

Los mapas sinópticos diarios en formato digital fueron construidos a partir de la información del reanálisis disponible en el sitio web del Centro Nacional de Predicciones Ambientales (NCEP en inglés) de los EE.UU., para una ventana geográfica ampliada, comprendida entre 0° y 90° de latitud norte y desde 0° a 180° de longitud oeste, en el centro de la cual se encuentra América del norte, el mar Caribe y las Antillas Mayores.

Para determinar la existencia de asociación entre las variables TSS y RMV se realizó una prueba de independencia estadística de las variables, acompañada del nivel de significación y de las condiciones impuestas para contrastar las hipótesis, lo que garantiza la correcta validación del resultado. Mediante el uso de un programa estadístico aplicamos el procedimiento Tabla de Contingencia (Castañeda *et al.*, 2010) a las variables categóricas previamente definidas.

En el análisis estadístico realizado fue utilizado el período decenal, ya que el trabajo explora la posibilidad de elaborar un pronóstico estadístico-climatológico de la rapidez media del viento para el período subestacional, definido como el rango de tiempo entre 2 semanas y 2 meses (Vitart y Robertson, 2018).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Los TSS influyentes sobre la mitad occidental de Cuba y la variabilidad de la rapidez media del viento en La Fe

A partir de la información básica brindada por el Sistema Automatizado de Revisión de Observaciones Meteorológicas (SAROM) se presenta la distribución de frecuencias de la rapidez media diaria del viento (RMV) en la estación sinóptica de superficie La Fe (78321), localizada en el centro-este de la Isla de la Juventud y representativa de la región climática inte-

Tabla 1. Tipos de Situaciones Sinópticas que influyen sobre Cuba (Lapinel, 1988)

Tipos	Situaciones Sinópticas
I	Influencia cercana (cuña) del anticiclón subtropical del Atlántico.
II	Influencia lejana (flujo extendido) del anticiclón subtropical del Atlántico.
III	Situación de débil gradiente barométrico sobre Cuba.
IV	Afectación de un ciclón tropical a Cuba.
V	Influencia de zonas de convergencia sobre Cuba.
VI	Influencia de bajas extratropicales.
VII	Influencia de un sistema frontal a Cuba.
VIII	Influencia del anticiclón continental migratorio.

rior de ese territorio insular, para el periodo de estudio comprendido desde el 1 de enero de 1971 hasta el 31 de diciembre de 2017, con un valor medio de 2.46 m/s, una mediana de 2.17 m/s y una desviación típica de 1.5 m/s (Figura 1).

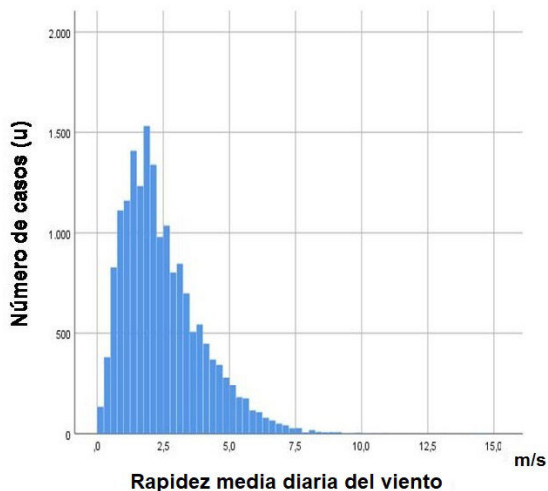


Figura 1. Distribución de frecuencias de la rapidez media diaria del viento en La Fe entre 1971-2017

Durante el transcurso del periodo de estudio la rapidez media del viento en La Fe ha presentado un comportamiento oscilatorio respecto a su valor medio. El valor máximo absoluto de rapidez media es 3.66 m/s correspondiente al año 1976, marcado por la temporada invernal que mayor cantidad de frentes fríos afectaron al occidente de Cuba, mientras, que el mínimo absoluto de 1.67 m/s ocurrió en 1985, año dominado por la débil influencia de las altas presiones oceánicas y otros tipos de situaciones sinópticas no anticiclónicas, que provocaron un 93.4% de los días del año con una rapidez media del viento inferior a

3.4 m/s (Figura 2). Comportamientos similares al de 1985 se presentaron posteriormente en 1992 y 1993.

La tendencia (línea discontinua) indica una recuperación gradual de la rapidez media del viento, que todavía no alcanza los valores registrados durante la década inicial del periodo de estudio, después de un plazo intermedio de mínima rapidez media del viento entre 1982 y 1995. Esta variabilidad multianual de la RMV puede asociarse a los cambios en los valores de la frecuencia de ocurrencia de los TSS que influyeron sobre la mitad occidental de Cuba entre 1971 y 2017, teniendo en cuenta los tres periodos en que se ha dividido la actual época de circulación atmosférica global descritos por Kononova (2016), fueron estudiados por los autores para la mitad occidental de Cuba.

El primer periodo (1971-1986) estuvo marcado sobre la mitad occidental de Cuba por las frecuencias máximas de ocurrencia de tipos de situaciones sinópticas como: las zonas de convergencia, el flujo anticiclónico extendido, los sistemas frontales y las bajas extratropicales, todos tipos de situaciones sinópticas que se conoce aprietan el gradiente barométrico en superficie durante su periodo de influencia sobre el occidente de Cuba. La rapidez media del viento en La Fe alcanzó 2.58 m/s, lo que representa una anomalía positiva de +0.11 m/s respecto a la media general.

En el segundo periodo (1987-2000) alcanzó su frecuencia máxima de ocurrencia la influencia del anticiclón subtropical oceánico, situación sinóptica característica del verano en Cuba, cuando la rapidez media del viento se mantiene por debajo del valor medio como fue demostrado anteriormente. La rapidez media del viento en La Fe alcanzo 2.31 m/s, lo que representa una anomalía negativa de -0.16 m/s.

En el tercer periodo (2001-2017) presentaron su frecuencia máxima de ocurrencia el anticiclón continental migratorio, los ciclones tropicales y las situaciones

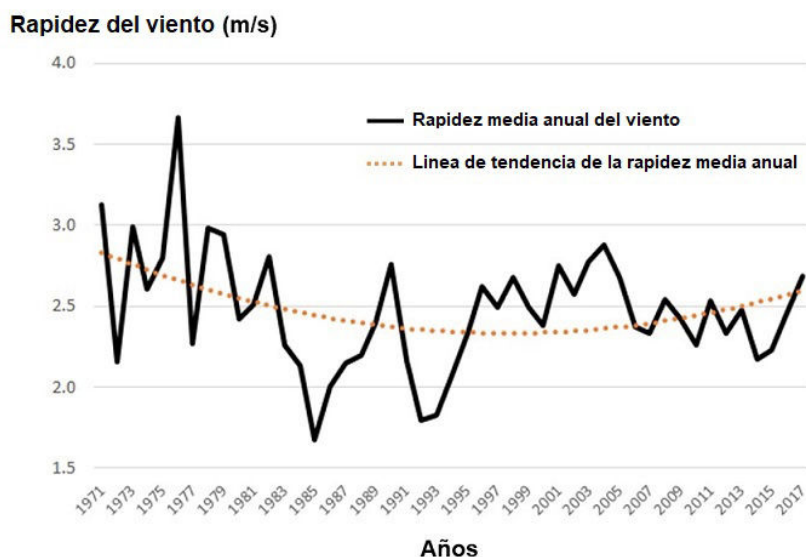


Figura 2. Rapidez media anual del viento en La Fe entre 1971 - 2017

de débil gradiente de presión, siendo las dos primeras situaciones sinópticas caracterizadas por el incremento en la fuerza del viento. La rapidez media del viento en La Fe fue de 2.48 m/s, muy similar a la media general para todo el periodo de estudio, con una discreta anomalía positiva de +0.01 m/s.

En la marcha anual (Figura 3) se aprecian los diagramas de caja de las anomalías decenales respecto a la mediana, donde la línea negra dentro de la caja representa la mediana de cada decena y el límite inferior y superior de la caja los cuartiles 25 y 75 respectivamente.

Después de un periodo de alta estabilidad entre las decenas 1 y 6 (enero-febrero), ocurre un brusco incremento en la decena 7, iniciando en la 8 (segunda de marzo) un descenso gradual con anomalías positivas hasta la 14 (segunda de mayo). A partir de la decena 15 se extiende un periodo de anomalías negativas hasta la 31 (primera de octubre) y entre las decenas 32 y 36 (segunda de octubre-última de diciembre) hay una oscilación del signo de las anomalías. La serie presenta dos máximos en el año, uno en la decena 7 (primera de marzo) y otro en la 32 (segunda de octubre), mientras, el mínimo anual ocurre en la decena 27 (tercera de septiembre), única con dos valores atípicos negativos.

Las etiquetas que señalan los valores atípicos (o) y extremos (*) corresponden al orden del TSS que influyó sobre la mitad occidental de Cuba (Tabla 1) el día que se registró ese valor de RMV. Puede apreciarse el predominio de la etiqueta 4 (cyclón tropical) entre las decenas 22 y 33 (agosto a noviembre) y en el entorno de la 17 (junio), así como, la alta frecuencia que las etiquetas 8 (anticiclón continental migratorio) y 7

(sistema frontal) tienen de las decenas 1 a la 8 (enero a mediados de marzo) y de la 31 a la 36 (noviembre-diciembre). En el resto de las decenas aparecen con mayor frecuencia la etiqueta 2 (flujo anticiclónico extendido) y 1 (anticiclón subtropical oceánico).

Un periodo único en el año con valores extremos de RMV por encima de 10 m/s ocurre entre la decena 22 y la 31 (agosto a inicios de noviembre), el 65% de ellos asociados al TSS IV (cyclón tropical), el 23% al TSS VIII (anticiclón continental migratorio) y el 12 % al TSS VI (bajas extratropicales). Este resultado constituye un nuevo criterio que acota el periodo climatológico de ocurrencia de valores extremos de RMV, que puede tenerse en cuenta durante la elaboración de medidas de protección al enfrentar cada año la temporada ciclónica.

Los resultados expuestos en este epígrafe contribuyen a la comprensión de la génesis y la variabilidad de la rapidez media del viento local, expresadas a través de las complejas y sucesivas interacciones que se desarrollan en la atmósfera desde el nivel de los macroprocesos de circulación hemisféricas, pasando por las situaciones sinópticas predominantes a nivel regional, hasta su expresión final en el comportamiento de los elementos que determinan el clima de una localidad perteneciente a la región de estudio, con series de datos de superficie disponibles en un periodo determinado.

2. Prueba de independencia estadística

Siendo la rapidez media del viento una variable continua se le aplicó un proceso de discretización (Tabla 2) para obtener las clases de rapidez media del viento (RMV) que caracterizan esta variable en la Isla

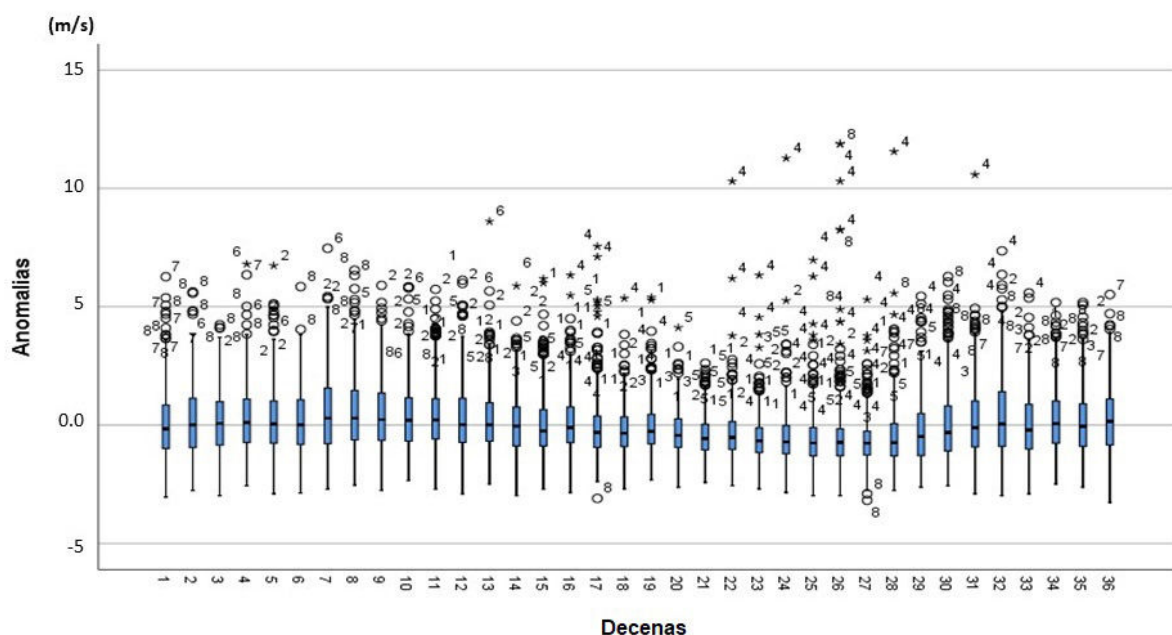


Figura 3. Marcha anual con los diagramas de cajas de las anomalías decenales de la rapidez media del viento entre 1971-2017

de la Juventud, para lo que se tuvieron en cuenta los estudios de potencial eólico (Soltura *et al.*, 2009; Soler *et al.*, 2013 y 2017).

Tabla 2. Clases de rapidez media diaria del viento en La Fe entre 1971-2017. Frecuencias de casos por clases de rapidez del viento

Clases	RMV	Frecuencias
	(m/s)	(%)
1	0.0 - 3.4	78.6472
2	3.5 - 5.4	16.9912
3	5.5 - 7.4	3.8658
4	7.5 - 9.4	0.4956
5	≥ 9.5	0.0001

Para establecer la existencia de las relaciones TSS-RMV mediante la aplicación de la tabla de contingencia, previamente se excluyeron los valores extremos entre 10 y 15 m/s (clase 5), que suman solo 17 casos y representan el 0.0001 % de la serie de datos, sin embargo, generan 8 probables relaciones, de ellas 6 con valor de frecuencia esperada cero.

La prueba de independencia estadística entre las variables TSS y RMV acompañada de su medida de significación arrojó una probabilidad de rechazo de la hipótesis nula menor a 0.05; lo que demostró la incompatibilidad de los datos con la hipótesis de independencia, por tanto, se puede afirmar que las variables estudiadas están relacionadas.

El contraste de hipótesis es considerado estadísticamente válido (Castañeda *et al.*, 2010), pues solo dos celdas (6.3%) son menores que 5 y el valor mínimo esperado es de 2.8 en una celda (Tabla 3).

Posteriormente, fueron seleccionadas las relaciones TSS-RMV con frecuencias $\geq 5.0\%$ para el periodo decenal, cuyos resultados se presentan en el epígrafe siguiente.

Relaciones estadísticas entre los TSS influyentes sobre la mitad occidental de Cuba y la RMV en La Fe

Se estudiaron las relaciones estadísticas existentes entre cada una de las categorías de las variables TSS y RMV, con frecuencias de ocurrencia iguales o superiores

a 5.0% y se presentan gráficos que muestran la estructura anual de las relaciones TSS-RMV, a partir de los cuales se explican comportamientos establecidos en el clima de la Isla de la Juventud.

Fueron establecidas relaciones con frecuencias $\geq 5.0\%$ entre los ocho TSS y la RMV clase 1, aunque, solo el TSS II logra esas relaciones en las 36 decenas del año. Para la RMV clase 2 lograron relaciones tres TSS (II, VII y VIII) y para la RMV clase 3 solo el TSS VIII. Ningún TSS logra establecer relaciones predominantes para la RMV clase 4.

A continuación, se detallan las relaciones predominantes establecidas por los TSS II, VII y VIII que influyen sobre la mitad occidental de Cuba con la RMV (clases 1, 2 y 3) de la estación meteorológica de La Fe, Isla de la Juventud.

3.1. Relaciones bajo la influencia del flujo anticiclónico extendido del océano Atlántico sobre la mitad occidental de Cuba (TSS II)

Según Lapinel (1988) esta situación sinóptica se corresponde con aquellas configuraciones del campo barométrico que pueden tener lugar cuando la región central del anticiclón del Atlántico se aleja sensiblemente de nuestra área, produciéndose un extenso desplazamiento de las masas de aire desde su región fuente, lo que permite una mayor modificación de sus características iniciales, producto de una más prolongada interacción océano-atmósfera.

Las isobaras suelen ser muy alargadas y la dirección del viento depende, naturalmente, de la forma que adopten las mismas sobre nuestro territorio, pudiendo ser del primer o segundo cuadrante. Inmersas en este flujo pueden presentarse perturbaciones tales como ondas u hondonadas.

Para representar este TSS fue seleccionado el caso correspondiente al 24 de abril de 1971 (Figura 4), correspondiente a la decena 12 del año, marcado por isobaras alargadas que dibujan una dorsal extendida desde un centro anticiclónico en el Atlántico oriental hasta el sudeste del golfo de México. El eje de la dorsal pasa próximo a la costa norte de Cuba y las isobaras se extienden desde el sudeste, que en combinación con bajas presiones en el golfo de Campeche

Tabla 3. Recuento de casos esperados obtenido de la tabla de contingencia aplicada a las variables TSS y RMV entre 1971-2017

TSS	RMV (m/s)				Suma
	RMV 1 (0.0-3.4)	RMV 2 (3.5-5.4)	RMV 3 (5.5-7.4)	RMV 4 (5.5-7.4)	
1	1893.8	409.1	93.1	11.9	2408
2	3253.6	702.9	159.9	20.5	4137
3	1048.4	226.5	51.5	6.6	1333
4	449.9	97.2	22.1	2.8	572
5	1444.0	312.0	71.0	9.1	1836
6	526.9	113.8	25.9	3.3	670
7	1215.9	262.7	59.8	7.7	1546
8	3655.5	789.8	179.7	23.0	4648
Suma	13488	2914	663	85	17150

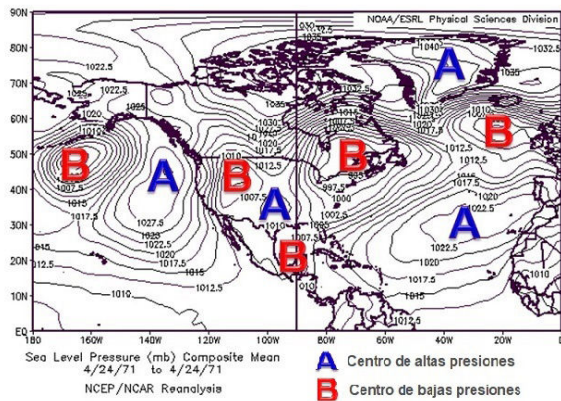


Figura 4. Mapa isobárico correspondiente al 24 de abril de 1971 clasificado como influencia del flujo anticiclónico extendido del océano Atlántico sobre la mitad occidental de Cuba (TSS II)

mantienen un gradiente barométrico apretado que provocó un flujo de región sur en superficie con una RMV de 8 m/s en La Fe.

El TSS II es el único tipo de situación sinóptica que tiene representación climática durante todo el año en la RMV del viento en La Fe, Isla de la Juventud. Posee relaciones con la RMV cuyas frecuencias son $\geq 5.0\%$ para la clase 1 durante las 36 decenas del año con un promedio del 19.9%, sin embargo, con la RMV clase 2 solo está presente en 7 decenas del primer semestre del año (3, 7 y 8, 10 a la 13) con 7.1%.

Es significativo que esa relación del TSS II con la RMV clase 2 no ocurre en los periodos de transición entre las estaciones del año (mayo-junio y septiembre), donde es mayor la frecuencia de ocurrencia de este TSS y se registran sus valores máximos bimodales dentro de la clase 1 (Figura 5), también, que siendo una situación sinóptica con influencia oceánica imponga la mayor fuerza de los vientos durante la temporada poca lluviosa del año.

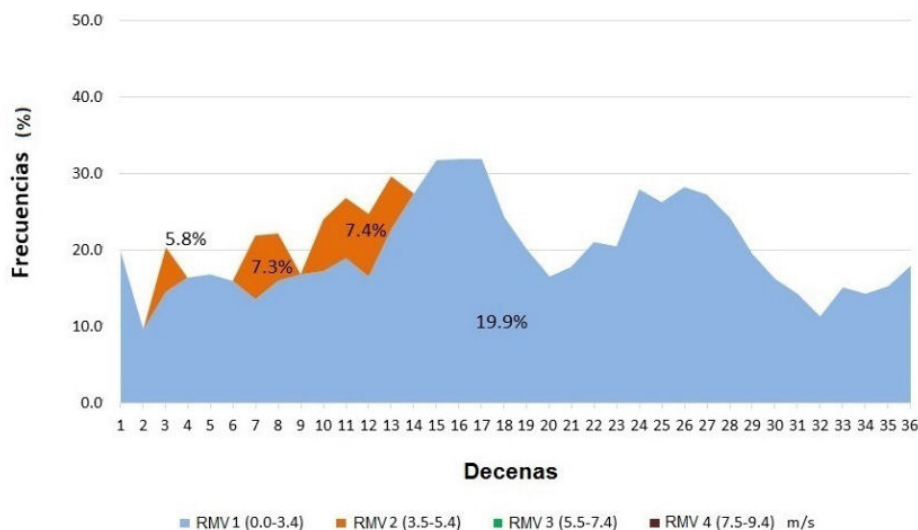


Figura 5. Distribución de frecuencias $\geq 5.0\%$ por clases de rapidez media del viento bajo la influencia del flujo anticiclónico extendido (TSS II) entre 1971-2017

3.2 Relaciones bajo la influencia de sistemas frontales sobre la mitad occidental de Cuba (TSS VII)

En la temporada invernal, los frentes o zonas frontales asociadas a las bajas extratropicales, se desplazan acompañadas de una banda de mal tiempo, relativamente estrecha y básicamente responsable de las lluvias que se producen en el periodo poco lluvioso y cuya actividad depende del contraste térmico entre ambas masas de aire (Lapinel, 1988).

En Cuba a los efectos de la clasificación y en consideración a la estructura de los sistemas frontales, se han considerado cuatro subtipos: el frente frío clásico, el frente frío revésino, el frente frío casi-estacionario y el frente frío en disipación (Lapinel, 1988). Sin embargo, la categorización de la intensidad de los frentes fríos está en función de la velocidad media del viento durante las 6 horas posteriores al paso del sistema frontal por una región determinada (INSMET, 2014).

Para representar esta situación sinóptica se tomó como referencia el mapa isobárico del 3 de enero de 1979 (Figura 6), correspondiente al paso de un frente frío clásico, que es la situación sinóptica más conocida del invierno en Cuba, cuya frecuencia mensual sobrepasa el 5% de ocurrencia desde noviembre hasta abril, con su máximo mensual en enero. Este patrón sinóptico impuso un flujo de vientos de región norte con una RMV de 9 m/s en La Fe, asociado al paso de frente frío clásico con intensidad fuerte, según la clasificación establecida por INSMET (2014).

El TSS VII presenta relaciones con la RMV clase 1 desde la decena 1 a la 14 (enero - segunda de mayo) y de la 28 a la 36 (octubre-diciembre) con una frecuencia media de 9.9%. Para la RMV clase 2 las relaciones predominantes solo aparecen en las decenas 6 (última de febrero) y 35 (segunda de diciembre), con 5.7% de ocurrencia promedio (Figura 7).

3.3 Relaciones bajo la influencia del anticiclón continental migratorio sobre la mitad occidental de Cuba (TSS VIII)

Este TSS fue descrito por Lapinel (1988) como altas típicas polares continentales de Norteamérica, asociadas a una masa de aire anticiclónica subsidente del aire polar, que tienden por lo general, a desplazarse hacia el sudeste y luego al este, hacia el Atlántico.

Cuando estos sistemas irrumpen activamente hacia bajas latitudes, entonces nuestro país puede quedar influenciado por temperaturas bajas y vientos de región norte. En su progresivo avance, al internarse estos anticiclones en zonas marítimas, ya sea por el golfo de México o por la costa atlántica de los Estados Unidos, presentan un rápido proceso de transformación debido a la fuerte humectación, pudiendo tener lugar una fusión con el anticiclón del atlántico o bien un desplazamiento del mismo.

La fecha del mapa isobárico seleccionado es el 5 de marzo de 2017 (Figura 8), en cuyo mapa se localiza el centro anticiclónico sobre la costa nordeste de los Estados Unidos y sus isobaras se extienden sobre Las Bahamas y Cuba con apretado gradiente barométrico, imponiendo un flujo de vientos en superficie del este-nordeste que provoco una RMV de 9 m/s en La Fe.

Las relaciones existentes entre el TSS VIII y las diferentes clases de RMV en La Fe demuestran que la influencia del anticiclón continental migratorio es el tipo de situación sinóptica que garantiza el potencial eólico existente en la Isla de la Juventud, su relación predominante (frecuencias $\geq 5.0\%$) con la RMV clase 1 alcanza como promedio el 20.7% en 28 decenas, con la RMV clase 2 el 13.3 % en 22 decenas y con la RMV clase 3 el 6.2% en 3 decenas, corroborando similar resultado obtenido por Perdigón *et al.* (2012)

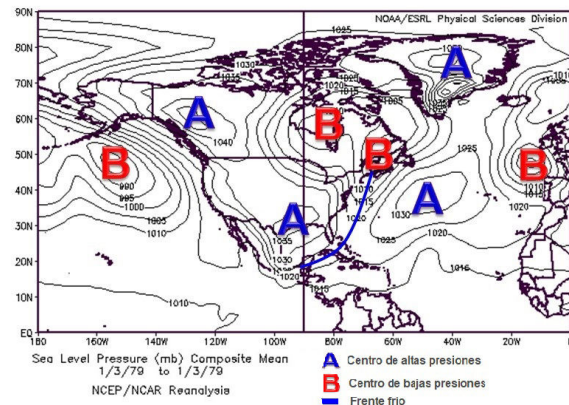


Figura 6. Mapa isobárico correspondiente al 3 de enero de 1979 clasificado como influencia de un sistema frontal sobre la mitad occidental de Cuba (TSS VII)

en su estudio de las condiciones sinópticas favorables para el aprovechamiento de la energía eólica, durante el periodo poco lluvioso del año en Cuba. Sin embargo, se debe señalar que los periodos antes mencionados, obtenidos para la RMV clase 1 y 2 utilizando la decena como unidad de tiempo, exceden la temporada poco lluviosa del año (noviembre a abril).

Para la RMV clase 1 el TSS VIII está presente en 28 decenas del año (Figura 9), repartidas en dos periodos, uno extendido de la decena 1 a la 15 (enero - mayo) más la 17 (tercera de junio), otro de la decena 25 a la 36 (septiembre - diciembre), con una frecuencia media de 20.7% y máximos de 30% en las decenas 2 y 35 (segundas de enero y diciembre). Hay que aclarar que los dos periodos descritos en realidad conforman una temporada extendida desde septiembre hasta mayo, es decir, de la decena 27 a la 15 del próximo año, que incluye todo el periodo poco lluvioso.

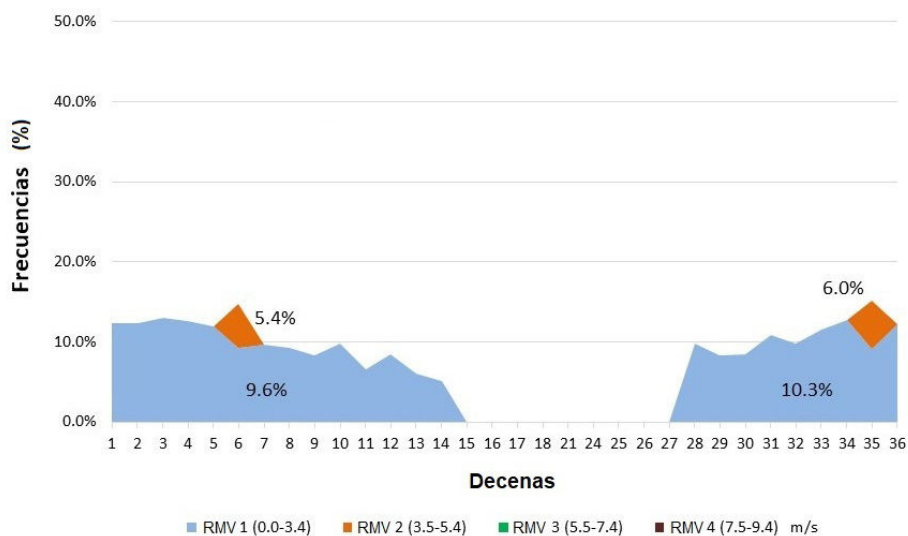


Figura 7. Distribución de frecuencias $\geq 5.0\%$ por clases de rapidez media del viento bajo la influencia de sistemas frontales (TSS VII) entre 1971-2017

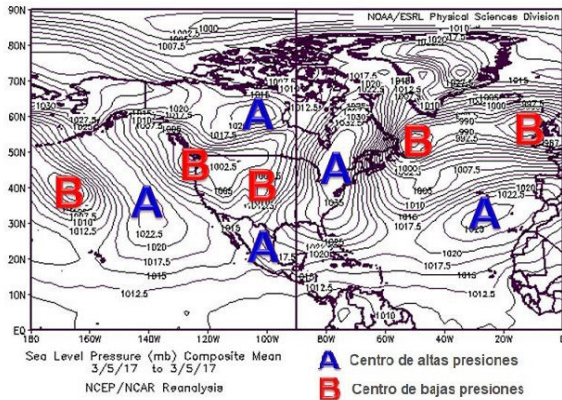


Figura 8. Mapa isobárico correspondiente al 5 de marzo de 2017 clasificado como influencia del anticiclón continental migratorio sobre la mitad occidental de Cuba (TSS VIII)

Para la RMV clase 2 el TSS VIII es predominante en 22 decenas, de ellas 18 pertenecen a la temporada poco lluviosa del año, además de las dos primeras y dos últimas de la temporada lluviosa (mayo-octubre), lo que demuestra su representación climática en el 61.1% del periodo anual. El primer periodo desde la decena 1 hasta la 14 (segunda de mayo) con una frecuencia media de 13.0% y el segundo desde la decena 29 (segunda de octubre) a la 36 con una frecuencia media de 13.7%. Al igual que en el párrafo anterior se aclara que los dos periodos analizados conforman una temporada extendida, en este caso desde mediados de octubre hasta mediados de mayo del próximo año.

Las relaciones correspondientes a la RMV clase 3 se establecieron en solo 3 decenas aisladas, la 9 (tercera de marzo), 30 (tercera de octubre) y 32 (segunda de noviembre) con frecuencia media de 6.2% y el valor máximo de 7.2% en la 32.

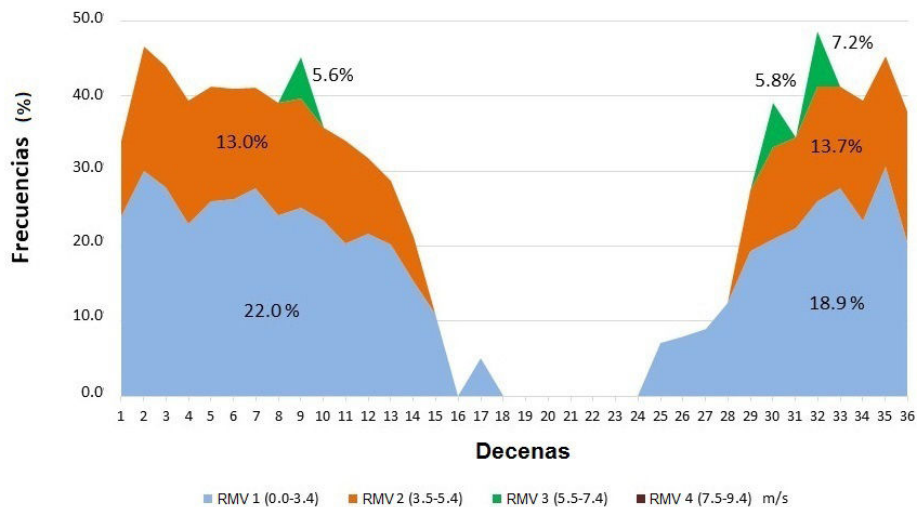


Figura 9. Distribución de frecuencias $\geq 5.0\%$ por clases de rapidez media del viento bajo la influencia del anticiclón continental migratorio (TSS VIII) entre 1971-2017

Estas relaciones estadísticas establecidas demuestran que los valores de la rapidez media del viento de La Fe, Isla de la Juventud, para los periodos decenales del año están asociados a los TSS que influyen sobre la mitad occidental de Cuba.

CONCLUSIONES

1. Existen relaciones estadísticas predominantes (frecuencias de ocurrencia $\geq 5.0\%$) entre los TSS que influyen sobre la mitad occidental de Cuba y la rapidez media del viento en La Fe para los periodos decenales del año.
2. La influencia del flujo anticiclónico extendido (TSS II) es el único tipo de situación sinóptica que tiene una relación predominante con la RMV durante todas las decenas del año en La Fe, Isla de la Juventud.
3. La relación entre la influencia del anticiclón continental migratorio (TSS VIII) y la RMV clase 2 (con potencial para la generación de energía eléctrica) es predominante (13.3%) en 22 decenas consecutivas del año, desde la decena 29 (mediados de octubre) hasta la decena 14 (mediados de mayo) del próximo año, periodo que representa el 61.1% del total anual y es más extenso que el reconocido como temporada poco lluviosa del año (noviembre a abril).
4. La marcha anual de las anomalías de las series decenales de RMV respecto a la mediana presenta un periodo de valores negativos entre la decena 15 (última de mayo) y la 31 (primera de noviembre), en el resto del año las anomalías son positivas. El máximo anual está en la decena 7 (primera de marzo) y el mínimo anual en la decena 27 (tercera de septiembre).

5. Un periodo único en el año con valores extremos de RMV por encima de 10 m/s ocurre entre la decena 22 (primera de agosto) y la 31 (primera de noviembre), el 65% de ellos asociados al TSS IV (ciclón tropical), lo que puede constituir un nuevo criterio a tener en cuenta durante la elaboración de medidas de protección al enfrentar cada año la temporada ciclónica.
6. La variabilidad multianual de la rapidez media del viento en La Fe está asociada a los cambios en las frecuencias de ocurrencia de los TSS que influyen sobre la mitad occidental de Cuba, según los tres periodos contenidos en la época actual de circulación atmosférica global.

RECOMENDACIONES

Estudiar los tipos de situaciones sinópticas que influyen sobre Cuba y su relación con la rapidez media del viento con fines predictivos, específicamente para el periodo subestacional.

AGRADECIMIENTOS

Al Lic. Alfredo E. Roque Rodríguez, Especialista del Centro de Física de la Atmósfera del INSMET, por los valiosos señalamientos realizados durante las revisiones del texto.

REFERENCIAS

- Carrasco, M., A. Roque y M. Carnesolta .2011. ``Caracterización de la brisa de mar. Sus efectos en el aprovechamiento de la energía eólica``. Estudio de dos casos. *Revista Cubana de Meteorología, Vol. 17, No 1, 27-45 pp.* ISSN: 0864-151X. Disponible en: <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/99>
- Castañeda, María B., A. F. Cabrera, Y. Navarro, W. de Vries. 2010. Procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS. Un libro práctico para investigadores y administradores educativos[Digital]. EDIPUCRS, Porto Alegre, Brasil. 165pp.
- Colectivo de autores (2002): Monografía Pinera: La Colonia, La Neocolonia y la Revolución en el poder. [digital]. CMP IJ. Isla de la Juventud, Cuba. Instituto de Meteorología (INSMET). 2014. Orientación Metodológica Nro. 01/2014 "Metodología para la determinación de los datos necesarios para confeccionar el Informe sobre el paso de un Frente Frío, en una estación meteorológica". Edit. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. 4 pp.
- Kononova, N.K. 2016. ``Fluctuations of the Global Atmospheric Circulation in the XX-XXI Centuries``. *Journal of Earth Science and Climatic Change*. Disponible en: doi:[10.4172/2157-7617.1000350](https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000350).
- Lapinel, B. 1988. ``La circulación atmosférica y las características espacio-temporales de las lluvias en Cuba``. Tesis de Doctorado. Instituto de Meteorología, Camagüey, Cuba. 147 pp.
- Lecha L. 1995. Una aproximación al pronóstico de algunas enfermedades del hombre a partir de predictores meteorológicos. *Medicentro, 11, 2; 16-24 pp.* Disponible en internet:
- Lecha, L., L. Sánchez, Y. Verdecia, E. Soler y A. Sánchez . 2020. ``Variabilidad de los tipos de situaciones sinópticas influyentes sobre el occidente de Cuba``. *Revista Cubana de Meteorología, Vol. 26, No 2, 1-18 pp.* ISSN: 2664-0880. Disponible en: <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/507>
- Perdigón, J., G. Rodríguez y A. Roque .2012. ``Condiciones sinópticas más favorables para el aprovechamiento de la energía eólica en Cuba``. Período poco lluvioso. *Revista Cubana de Meteorología, Vol. 18, No 2, 243-258 pp.* ISSN: 2664-0880. Disponible en: <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/19/0>
- Soler, E., R. Rivero, Y. Rosales y J. Izquierdo (2013): Estudio de prospección eólica con fines energéticos en la Isla de la Juventud. *Rev. Eco Solar, Vol. 44, art. 02, abril - junio 2013. 7 pp.* Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/ecosolar/revista44>
- Soler, E., R. Borrego y L. Sánchez. 2017. ``Evaluación del Potencial Eólico a 20 metros de altura en la Isla de la Juventud``. *Rev. Ciencias de la Tierra y el Espacio, enero-junio, Vol.18, No.1, 164-175 pp.* ISSN: 1729-3790164
- Soltura, R., A. Roque, I. Rivero, A. Wallo, R. Báez, R. Vázquez, R. Rivero, L. Ayala, G. Rodríguez, H. Carrasco, A. Curbelo, A. González, O. Herrera, G. Martín y J. C. Díaz (2009): Primera edición del Mapa de Potencial Eólico de Cuba. *Rev. Eco Solar, Vol. 21, art. 06, julio - septiembre 2007. 18 pp.* Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar21/HTML/articulo06.htm>
- Vitart, F. y A. Robertson. 2018. ``The sub-seasonal to seasonal prediction project (S2S) and the prediction of extreme events``. *Climatic and Atmospheric Science*. Disponible en: doi: [10.1038/s41612-018-0013-0](https://doi.org/10.1038/s41612-018-0013-0).
- Yarnal, B. 1993. Synoptic Climatology in Environmental Analysis. Belhaven Press, London, 200 pp.

Edgardo Soler Torres. Centro Meteorológico de la Isla de la Juventud. Calle 41 No. 4625 entre 46 y 54, Nueva Gerona. C.P. 25100, Isla de la Juventud. E-mail: edgardosoler2@gmail.com

Luis M. Sánchez Suárez. Centro Meteorológico de la Isla de la Juventud. Calle 41 No. 4625 entre 46 y 54, Nueva Gerona. C.P. 25100, Isla de la Juventud.

Luis B. Lecha Estela. Centro Meteorológico de la Isla de la Juventud. Calle 41 No. 4625 entre 46 y 54, Nueva Gerona. C.P. 25100, Isla de la Juventud.

Yuslandis Verdecia Naranjo. Centro Meteorológico de la Isla de la Juventud. Calle 41 No. 4625 entre 46 y 54, Nueva Gerona. C.P. 25100, Isla de la Juventud.

Conflicto de intereses: Los autores del artículo científico “Los tipos de situaciones sinópticas que influyen sobre la mitad occidental de Cuba y su relación con la rapidez media del viento en La Fe, Isla de la Juventud”, propuesto a la Revista Cubana de Meteorología para su publicación, declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores: **Edgardo Soler Torres:** Revisión del estado del arte, procesamiento de datos, aplicación de pruebas estadísticas, análisis y discusión de los resultados. Redacción de la introducción, materiales y métodos, resultados y conclusiones. Revisión y corrección final del artículo. **Luis M. Sánchez Suárez:** Revisión del estado del arte, recolección y procesamiento de datos, aplicación de técnicas estadísticas, análisis y discusión de los resultados. Participación en la redacción de los resultados, materiales y métodos. Revisión y corrección final del artículo. **Luis B. Lecha Estela:** Revisión del estado del arte, procesamiento de datos, aplicación de técnicas estadísticas, análisis y discusión de los resultados. Participación en la redacción de los resultados y las conclusiones. Revisión y corrección final del artículo. **Yuslandis Verdecia Naranjo:** Revisión del estado del arte, recolección y procesamiento de datos, elaboración de figuras, análisis y discusión de los resultados. Participación en la redacción de la introducción y los resultados. Revisión y corrección final 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/)