

Variabilidad Interanual del Viento y su Tendencia para Cuba



Interannual Wind Variability and Trend for Cuba

<https://cu-id.com/2377/v31n3e13>

✉ Alfredo Roque Rodríguez^{1*}, Lourdes Álvarez Escudero¹, Adrián Ferrer Hernández¹,
Edgardo Soler Torres², Grisel Mojena Peña¹

¹Instituto de Meteorología, Cuba. E-mail: alv.lourdes@gmail.com, aluislh@gmail.com, grismojena@gmail.com

²Centro Meteorológico de la Isla de la Juventud, Cuba. E-mail: edgardosoler2@gmail.com

RESUMEN: El viento como agente modificador del Clima constituye una variable de mucha importancia que impacta de manera significativa en los diversos componentes del medio ambiente atmosférico y de la vida socioeconómica de un país. En este trabajo se realizó un análisis del comportamiento interanual del viento y su tendencia para Cuba, a partir de las series de datos más completas de las estaciones meteorológicas de superficie que son parte de la red de referencia climática del Instituto de Meteorología. Las mismas comprendieron el período 1985-2022. Para ello se seleccionaron 4 estaciones: Cabo de San Antonio (78310), Casablanca (78325), Camagüey (78355) y Punta de Maisí (78369). Para las estaciones Casablanca y Camagüey el período de análisis se extendió de 1970 a 2022, teniendo en cuenta la representatividad de dichas series para el país debido a la longitud de sus series y la calidad de las mismas. Para el procesamiento de las anomalías de viento, se utilizó como período de referencia 1991-2020 y la metodología para el análisis de homogeneidad de las series se realizó teniendo en cuenta lo planteado por Sneyers. Como conclusiones del trabajo se obtuvo que: para todas las series en estudio el carácter de sus marchas interanuales son homogéneas o crecientes significativas o altamente significativas, pero en ningún caso decreciente. El análisis de homogeneidad en superficie arrojó que son "homogéneas" las series de las estaciones Cabo de San Antonio y Casablanca, "creciente significativa" la de Punta de Maisí y "sin conclusiones" para Camagüey.

Palabras claves: Cuba, tendencia, variabilidad, viento.

ABSTRACT: Wind, as a climate-modifying agent, constitutes a highly important variable that significantly impacts the various components of the atmospheric environment and the socioeconomic life of a country. This paper analyzes the interannual wind behavior and trend for Cuba, based on the most comprehensive data series from surface meteorological stations that are part of the climate reference network of the Institute of Meteorology. These covered the period 1985-2022. Four stations were selected: Cabo de San Antonio (78310), Casablanca (78325), Camagüey (78355), and Punta de Maisí (78369). For the Casablanca and Camagüey stations, the analysis period extended from 1970 to 2022, taking into account the representativeness of these series for the country due to their length and quality. For processing wind anomalies, the 1991-2020 reference period was used, and the methodology for analyzing the homogeneity of the series was carried out taking into account the proposals made by Sneyers. The conclusions of the work were: For all the series under study, the nature of their interannual movements is homogeneous or significantly or highly significantly increasing, but in no case decreasing. The surface homogeneity analysis shows that the series from the Cabo de San Antonio and Casablanca stations are "homogeneous," the Punta de Maisí series shows "significantly increasing," and "inconclusive" for Camagüey.

Keywords: Cuba, trend, variability, wind.

*Autor para la correspondencia: Alfredo Roque Rodríguez, e-mail: alfroquerodriguez@gmail.com

Recibido: 09/01/2025

Aceptado: 04/07/2025

Conflictos de interés: Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

Contribución de los autores: Elaboración del artículo, conceptualización, metodología, investigación, redacción,

revisión y corrección del artículo: Alfredo Roque Rodríguez y Lourdes Álvarez Escudero. Investigación,

conceptualización, metodología y elaboración del artículo: Andrés Luis Fernández Hernández. Investigación, análisis,

redacción y revisión del artículo: Edgardo Soler Torres. Conceptualización, redacción y revisión del artículo: Grisel

Mojena Peña.

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/)

INTRODUCCIÓN

El viento como agente modificador del Clima constituye una variable de mucha importancia que impacta de manera significativa en los diversos componentes del medio ambiente atmosférico y de la vida socioeconómica de un país.

En Cuba son numerosos los estudios relacionados con el viento que se han llevado a cabo para diferentes propósitos, que van desde estudios climáticos (Boytel, 1972, Lecha *et al.*, 1994, González *et al.*, 1987, Planos *et al.*, 2014, Roque *et al.*, 2018) hasta aplicaciones en el campo de la contaminación atmosférica (Álvarez y Álvarez, 2000; Álvarez *et al.*, 2000, 2001) y de su uso como fuente renovable de energía (Soltura *et al.*, 2006, Roque *et al.* 2015 a y b, Soler *et al.*, 2012, Alonso *et al.*, 2019 a y b). Como han reseñado los trabajos antes mencionados, el viento, ha tenido un comportamiento muy estable a lo largo de todo el país durante el año, estando bien definido su comportamiento en correspondencia con los dos períodos estacionales para Cuba (noviembre-abril y mayo-octubre).

Desde el punto de vista de su comportamiento en el futuro, destaca el trabajo elaborado por Alonso y colaboradores sobre el potencial eólico en el futuro, en el cual se refleja dicho potencial para tres escenarios climáticos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099, utilizando diferentes fuentes de datos (Alonso *et al.*, 2019 a y b, Alonso *et al.*, 2022). Cabe resaltar que, en las conclusiones, se refleja un incremento estadísticamente significativo, de la rapidez del viento para la segunda mitad del siglo 21.

Sin embargo, nunca se ha acometido un estudio sobre el comportamiento interanual del viento y su tendencia para Cuba, lo cual se propone realizar en esta oportunidad, siendo por tanto el objetivo del mismo.

Resulta complejo poder encontrar un patrón regional de cambios en el comportamiento de la rapidez del viento, atendiendo a la influencia de los factores locales que modifican en gran medida el viento en una determinada región.

Por ello fue importante analizar el comportamiento del viento geoestrófico (tomando como referencia el viento en el nivel de 850 hPa), es decir el viento lejos de la influencia de la fricción superficial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron seleccionadas las series de datos más completas, que comprendieron el período 1985-2022 de 4 estaciones meteorológicas de superficie pertenecientes a la red climática de referencia del Instituto de Meteorología: Cabo de San Antonio (78310), Casablanca (78325), Camagüey (78355) y Punta de Maisí (78369). Para dos de estas estaciones (Casablanca y Camagüey) dicho período de análisis se extendió de 1970 a 2022, teniendo en cuenta la representatividad de las series para el país debido a la longitud y la calidad de las mismas.

Las estaciones de referencia climática seleccionadas se muestran en la Tabla 1 y su distribución espacial en la figura 1.

Tabla 1. Estaciones de referencia climáticas seleccionadas

Código Estación	Nombre Estación	Período Analizado	Cantidad de años
78310	Cabo de San Antonio	1985-2022	38
78325	Casablanca	1970-2022	53
		1985-2022	39
78355	Camagüey	1970-2022	53
		1985-2022	38
78369	Punta de Maisí	1985-2022	38

Se determinaron los valores medios anuales de la rapidez del viento para cada una de las estaciones y se calcularon los valores de anomalías teniendo en cuenta el período base 1991-2020 para cada estación.

Fueron seleccionados también los datos de reanálisis del ERA 5 en el nivel de 850 hPa (<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/dataset/ecmwf-reanalysis-v5>), obtenidos del servicio Copernicus Climate Data Store (CDS), correspondiente a la posición geográfica de las estaciones para el período 1970-2022.



Figura 1. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas de superficie seleccionadas para el estudio.

La metodología para el análisis de homogeneidad de las series en estudio fue desarrollada por [Álvarez Escudero y colaboradores \(2012\)](#) y los estadígrafos se calcularon según lo planteado por [Sneyers \(1990\)](#). Los estadígrafos utilizados son “Wald-Wolfowitz” para la correlación serial y “Spearman” y “Mann-Kendall” para la tendencia global.

Para la determinación de puntos de cambio se utilizaron el valor de la abscisa cuando hay un solo corte entre las series directa y retrógrada de “Mann-Kendall” y por la prueba de “Pettit”. Si existió contradicción entre estadígrafos de persistencia corta y tendencia global se realizó la prueba de “Fisher” y si no hubo valores significativos no se pudo arribar a conclusiones. Los análisis también llevaron un descriptor de la forma de la serie como se refleja en [Álvarez y colaboradores \(2012\)](#).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La [figura 2](#), muestra el comportamiento de las anomalías de la rapidez del viento en el período 1985-2022 para las 4 estaciones seleccionadas.

En la misma pudo apreciarse, en la estación del Cabo de San Antonio, una disminución de los valores medios de la rapidez del viento principalmente entre los años 1985-1995 (anomalías negativas), seguido de un período de aumento de esta variable (anomalías positivas) que se extendió hasta el año 2012, exceptuando el año 2009. Luego de esto se produjo un nuevo decrecimiento de los valores medios de la rapidez del viento que se mantuvo hasta el año 2022, exceptuando de ellos los años 2016 y 2019 (con valores medios muy próximos a la norma).

Debe señalarse que en los últimos 3 años de la serie, 2020, 2021 y 2022, los valores de las anomalías negativas han aumentado en magnitud, superando siempre al año precedente.

Para la estación de Casablanca ocurrió algo diferente. El período analizado comienza con un aumento de los valores medios de anomalías rapidez del viento en la segunda mitad de la década del 80 hasta el año 1990. Posteriormente, se produce una disminución de los valores medios de rapidez del viento dando lugar a anomalías negativas que se extendieron por espacio de 5 años (1991 - 1995)

A partir del año 1996 se da un proceso de alternancia de valores de anomalías positivas y negativas que pocas veces superaron los 2 km/h y en la gran mayoría con valores muy cercanos a la norma, especialmente en el período 2017-2022, es decir al final de la serie.

Haciendo el mismo análisis para las estaciones de Casablanca y Camagüey pero ampliando la longitud de las series desde 1970 hasta el 2022, los resultados no fueron muy diferentes, tal y como se observa en la [figura 3](#).

Cuando el período se extendió a poco más de 50 años, se pudo observar que en la década del 1970 se produjeron anomalías negativas precedidos de anomalías positivas durante el período 1978-1990 (12 años), que por demás fue donde se alcanzaron los valores más alto de anomalías, superando en algunos años los 5 Km/h.

Los últimos años de las series han sido anomalías negativas indicando con ello una disminución clara de la velocidad en esa estación.

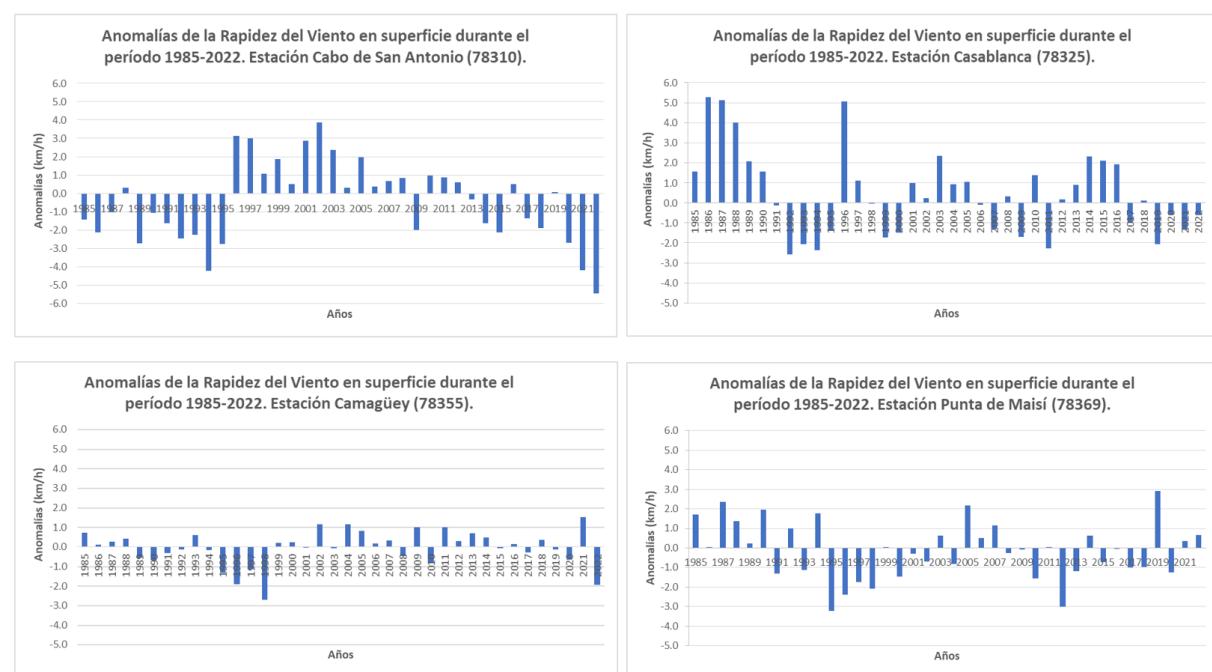


Figura 2. Anomalías de la Rapidez del Viento en superficie durante el período 1985-2022 para las estaciones seleccionadas.

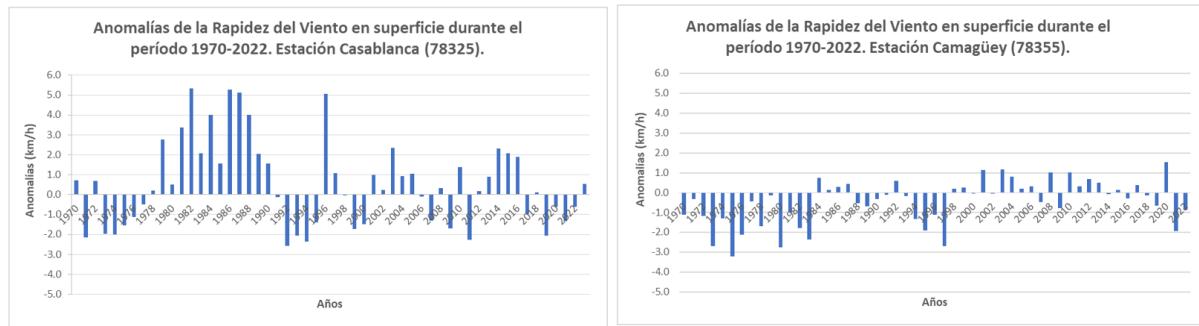


Figura 3. Anomalías de la Rapidez del Viento en superficie durante el período 1970-2022 para las estaciones Casablanca y Camagüey.

En el caso de la estación de Camagüey, se aprecia, que toda la década del 1970 y principios de los 80, se manifestó una apreciable disminución de los valores medio de rapidez del viento dado por las anomalías negativas durante todos esos años, lo que contrasta con los altos valores de anomalías positivas registradas por la estación Casablanca para la década del 80.

También se aprecia una disminución de los valores de rapidez del viento al final de la serie, aunque no con la misma duración que para la estación de Casablanca.

Análisis de homogeneidad de las series para las estaciones seleccionadas

Estación Cabo de San Antonio (1985-2022)

La figura 4 muestra la variación interanual de la rapidez media del viento para la estación del Cabo de San Antonio en el período 1985-2022. El valor medio para la serie es de 9.6 Km/h (2.7 m/s) con un valor máximo medio anual de 13.9 Km/h (3.9 m/s) alcanzado en el año 2002 y un valor mínimo medio anual de 4.56 Km/h (1.3 m/s) alcanzado en el año 2022.

La tendencia de la serie se ve representada por la línea recta. Según los resultados estadísticos, la serie de datos analizadas 1985-2022, presenta persistencia corta altamente significativa pero la tendencia global

es solo decreciente significativa por Spearman y no significativa por Mann - Kendall. El análisis por Pettit es significativo con un punto de cambio en 1995. Como conclusión puede decirse que la serie es homogénea.

Estación Casablanca (1985-2022) y (1970-2022)

La figura 5A y 5B muestra la variación interanual de la rapidez del viento para el período 1985-2022. El valor medio para dicha serie es de 12.6 Km/h (3.5 m/s) y los valores medios máximos y mínimos son 17.4 Km/h (4.8 m/s) (1986) y 9.6 Km/h (2.7 m/s) (1992) respectivamente.

Según los estadígrafos, hay correlación serial altamente significativa, pero no hay tendencia global ni por Spearman ni por Mann-Kendall por lo que la serie se considera homogénea.

La variación interanual de la rapidez media del viento para la estación de Casablanca para el período 1964-2022 se muestra en la figura 10. El valor medio para la serie fue de 12.7 Km/h (3.5 m/s) con un máximo medio de 17.5 Km/h (4.9 m/s) (1982) y un mínimo medio de 9.5 Km/h (2.7 m/s) (1992).

Según los estadígrafos hay correlación serial altamente significativa, pero no hay tendencia global ni por Spearman ni por Mann-Kendall por lo que la serie se considera homogénea, por lo que la amplitud de la serie no cambió el carácter de la misma.

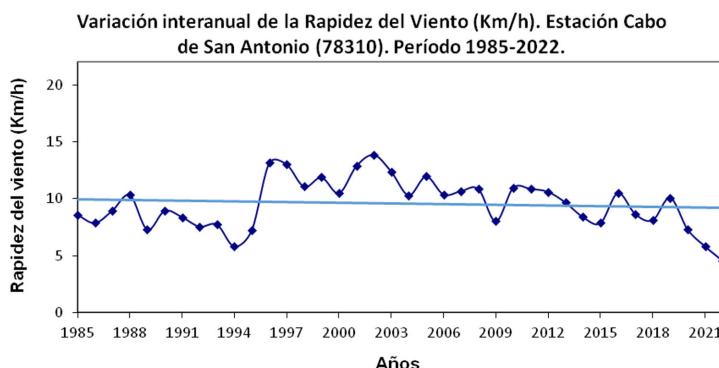


Figura 4. Variación interanual de la Rapidez del Viento en superficie durante el período 1985-2022. Estación Cabo de San Antonio (78310).

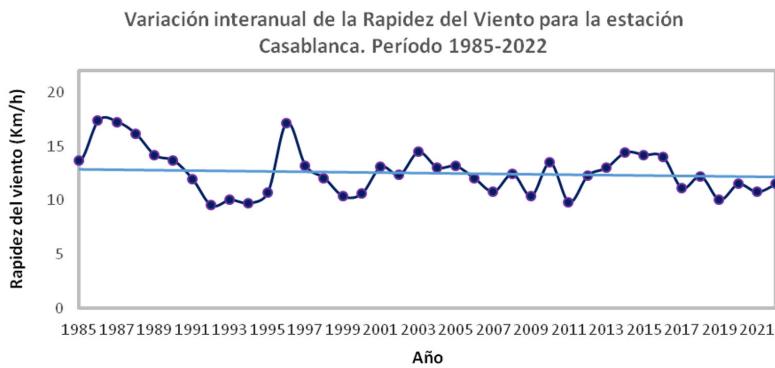


Figura 5A. Variación interanual de la Rapidez del Viento en superficie durante el período 1985-2022. Estación Casablanca (78325).

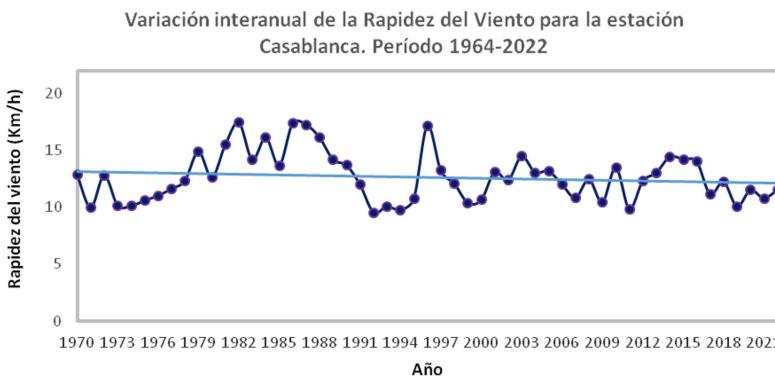


Figura 5B. Variación interanual de la Rapidez del Viento en superficie durante el período 1964-2022. Estación Casablanca (78325).

Estación Camagüey (1985-2022) y (1970-2022)

En el caso de la serie correspondiente a los años entre 1985-2022, la variabilidad interanual se muestra en la figura 6. La misma presenta un valor medio de 11.9 Km/h (3.3 m/s) con un valor máximo medio de 13.5 Km/h (3.8 m/s) (2020) y un valor mínimo medio de 9.3 Km/h (2.6 m/s) (1997).

Según el análisis de la marcha interanual la serie no presenta correlación serial ni tiene tendencia global por las dos pruebas (Spearman y Man-Kendall) y ningún punto de cambio, por lo que no se arriba a conclusiones.

Para el caso del período 1970-2022 la variación interanual de la rapidez del viento se muestra en la figura 7. El valor medio de la serie resultó ser de 11.5 Km/h (3.2 m/s) con un valor máximo medio de 13.5 Km/h (3.8 m/s) (2020) y un valor mínimo medio de 8.8 Km/h (2.4 m/s) (1975). La línea recta muestra la tendencia lineal de la serie, la cual denota un incremento de los valores de rapidez del viento en el transcurso de los años.

En correspondencia con el análisis de la marcha interanual la serie presentó correlación serial altamente significativa y tendencia global creciente altamente significativa por las dos pruebas (Spearman y Man-Kendall), con un punto en 1984, dado por Pettit.

Estación Punta de Maisí (1985-2022)

La variación interanual para la estación de Punta de Maisí se muestra en la figura 8. El valor medio de la serie es de 15.8 Km/h (4.4 m/s) y el valor máximo medio es de 18.7 Km/h (5.2 m/s) (2004) y el mínimo medio es de 12.8 Km/h (3.6 m/s) (1997).

La línea recta muestra la tendencia lineal con ligero crecimiento hacia los últimos años de la serie de los valores medios de rapidez del viento.

Para esta estación los estadígrafos fueron solo significativos, en el caso de la tendencia global fueron crecientes significativos con un posible punto en el 2003.

La tabla 2 resume el análisis de homogeneidad de las series analizadas para el nivel de superficie.

Como sucedió en el análisis de las anomalías, nuevamente las estaciones de Cabo de San Antonio y Casablanca, volvieron a mostrar un patrón, al ser sus series homogéneas, siendo significativo el hecho de que Casablanca con la serie ampliada continuó siendo homogénea.

Análisis de Homogeneidad y de Tendencia de la rapidez del viento en el nivel 850 hPa

Como se planteó en el capítulo de Materiales y Métodos los datos fueron obtenidos para cada ubicación de las estaciones seleccionadas por interpolación lineal simple, a partir de los datos de reanálisis ERA5.

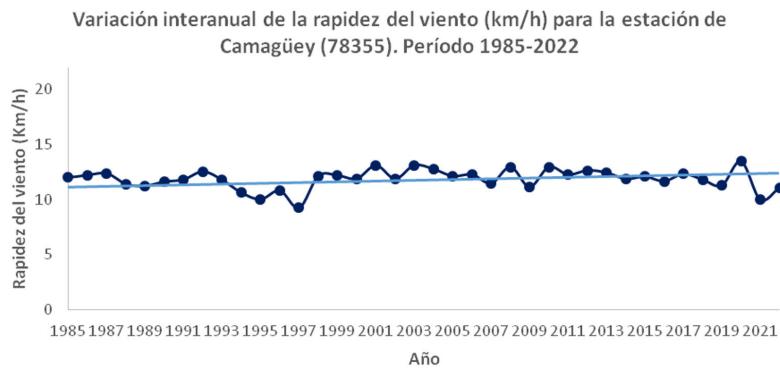


Figura 6. Variación interanual de la Rapidez del Viento en superficie durante el período 1985-2022. Estación Camagüey (78355).

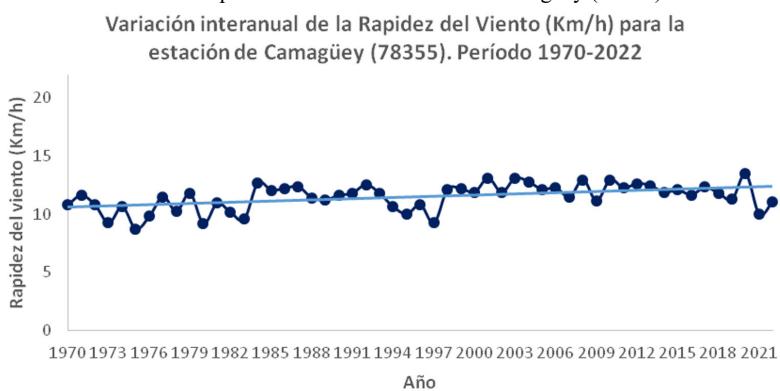


Figura 7. Variación interanual de la Rapidez del Viento en superficie durante el período 1970-2022. Estación Camagüey (78355).

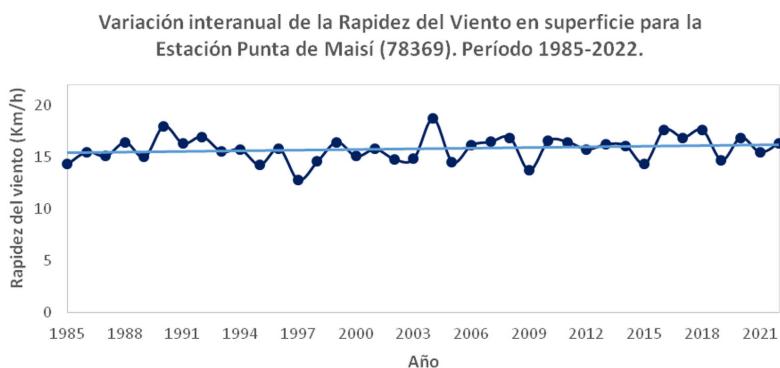


Figura 8. Variación interanual de la Rapidez del Viento en superficie durante el período 1985-2022. Estación Punta de Maisí (78369)

Tabla 2. Resumen del análisis de homogeneidad de la marcha interanual de la rapidez del viento en superficie, para las 4 estaciones en estudio en los períodos seleccionados.

Estación	Descriptor	Carácter	Punto de Cambio
78310 (1985-2022)	BAJO-ALTO-BAJO	Homogénea	
78325 (1985-2022)	DECRECIENTE	Homogénea	
78325 (1964-2022)	FLUCTUANTE	Homogénea	
78355 (1985-2022)	ALTO-BAJO-ALTO	Sin Conclusiones	
78355 (1970-2022)	CRECIENTE	Creciente altamente significativa	1983
78369 (1985-2022)	ALTO-BAJO-ALTO	Creciente significativa	2003

La figura 9 muestra las anomalías para las 4 estaciones analizadas en el nivel 850 hPa, marcando las 4 estaciones una tendencia creciente hacia el aumento de la rapidez del viento.

Para el Cabo de San Antonio (Figura 9) todos los estadígrafos mostraron que las pruebas fueron altamente significativas con persistencia corta y tendencia global creciente altamente significativa. El punto de cambio solo es significativo (altamente) por Pettitt en 1995, pero Mann-Kendall presentó muchos cortes.

Para el caso de estación de Casablanca para el período 1985-2022 (Figura 9), la serie no tuvo correlación serial, aunque el estadígrafo es cercano al 10% de significación. Las pruebas de tendencia global muestraron tendencia creciente altamente significativa. La prueba de Mann-Kendall no mostró un punto de cambio definido. Puede considerarse que es creciente significativa sin punto de cambio fijo.

En el caso de la estación de Camagüey (Figura 9), la correlación serial fue solo significativa pero la global fue creciente altamente significativo por las dos pruebas. El punto de cambio estuvo entre 1995 (Pettitt) y 1996 (Mann-Kendall). Pudo concluirse que la serie fue creciente significativa, con un punto de cambio en 1995.

A diferencia de las estaciones anteriores, en Punta de Maisí (Figura 9), la correlación serial no fue significativa, muy por encima del nivel de significación y las pruebas de tendencia global fueron solo significativas, por lo que se concluye homogénea. Los resultados se resumen en la tabla 3.

Para todas las series en estudio el carácter de sus marchas interanuales fueron homogéneas o crecientes significativas o altamente significativas. En general el carácter creciente se observó en las series de viento medio anual para el nivel de 850 mb.

Las estaciones de serie corta (1985-2022), a saber, Cabo de San Antonio (310) y Punta de Maisí (369) mostraron un patrón bastante parecido, con series homogéneas en superficie y crecientes en el nivel de 850 mb. La excepción de este patrón lo constituyó la estación de Punta de Maisí con tendencia creciente en superficie y sin arribar a conclusiones en 850 hPa. Esta estación posee una gran fluctuación en los valores de sus anomalías, con cambios de negativa a positiva y viceversa cada 3 años aproximadamente y de poca magnitud (Fig. 7). En general en las series de 850 el punto de cambio se verificó aproximadamente entre 1995 y 1997 lo que coincidió con los cambios en las anomalías de negativa a positiva en la estación 310 (Figura 1).

Las series más largas correspondientes a las estaciones Casablanca (325) y Camagüey (355) presentaron comportamientos distintos en superficie, ya que la primera fue homogénea y la segunda Creciente Altamente Significativa, pero en el nivel de 850 ambas presentaron tendencia creciente. Cuando se acortan las series para estas estaciones (1985-2022), Casablanca mantuvo el carácter de sus marchas interanuales para viento medio en superficie y nivel de 850, sin embargo, Camagüey aunque mantuvo su carácter creciente en el nivel de 850 no brindó conclusiones para la serie de superficie.

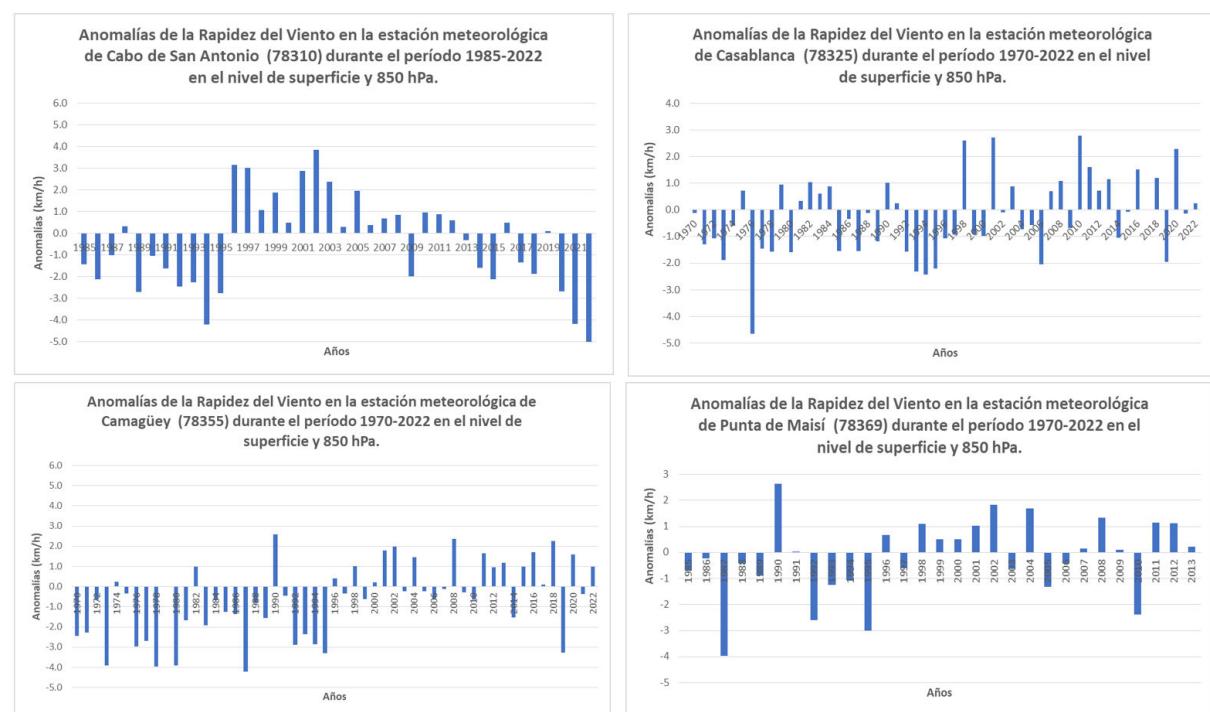


Figura 9. Anomalías de la Rapidez del Viento para las estaciones analizadas en el nivel de 850 hPa durante el período 1970-2022.

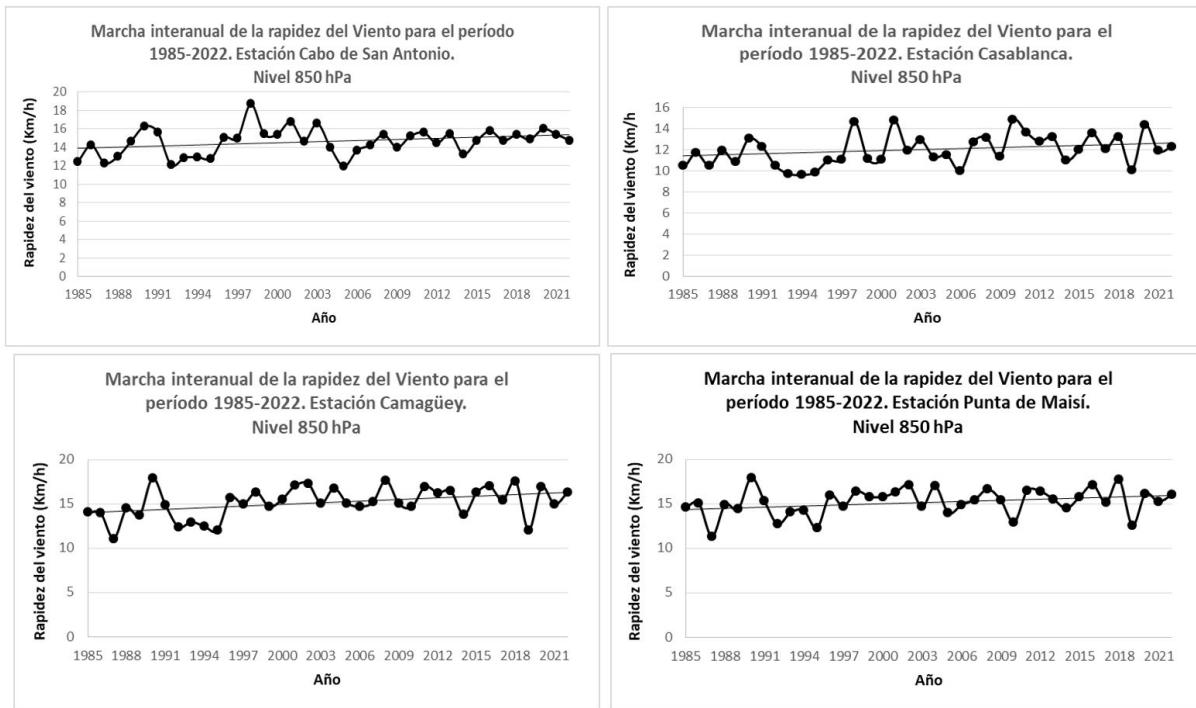


Figura 10. Marcha Interanual de la Rapidez del Viento para las estaciones analizadas en el nivel de 850 hPa durante el periodo 1985-2022.

Tabla 3. Resumen del análisis de homogeneidad de la marcha interanual de la rapidez del viento en el nivel de 850 hPa, para las 4 estaciones en estudio en los periodos seleccionados.

Estación	Descriptor	Carácter	Punto de Cambio
78310 (1985-2022)	BAJO-ALTO-MEDIO	Creciente significativa	1995
78325 (1985-2022)	CRECIENTE	Creciente altamente significativa	1997
78355 (1985-2022)	MEDIO-BAJO-ALTO	Creciente altamente significativa	1995
78369 (1985-2022)	ALTO-BAJO-ALTO	homogénea	

La serie de marcha interanual de viento medio en superficie para Camagüey en el periodo 1970 - 2022 presentó un punto de cambio significativo entre 1983 y 1984, año anterior al comienzo de la serie corta por lo que esta puede considerarse independiente y presentar sus propias características en cuanto al análisis de homogeneidad.

CONCLUSIONES

El análisis de la variación interanual de la rapidez del viento a partir del estudio de las series anuales de 4 estaciones meteorológicas de superficie, con series largas de datos, confirmó el gran efecto de las condiciones locales para producir un patrón regional de rapidez del viento para toda Cuba. No obstante, tener todas las series en estudio un carácter no decreciente.

Esto motivó que no fuera posible la argumentación sinóptica-climatológica de los comportamientos de las series de rapidez del viento a partir de los tipos de situaciones sinópticas influyentes sobre Cuba. Solo el patrón de anomalías negativas durante los últimos

años en las series de las estaciones: Cabo San Antonio y Casablanca, pudiera asociarse al incremento en la frecuencia de días bajo la influencia del flujo extendido del anticiclón oceánico. Ello relacionado con el desplazamiento hacia el nordeste del centro del Anticiclón Subtropical del Atlántico Norte, pero al no poder argumentar otros comportamientos del periodo de estudio no tiene valor científico hacer esa única asociación.

Una conclusión diferente se obtuvo en el caso del análisis de la rapidez media del viento anual a partir de los datos de reanálisis ERA 5, cuyas series interpoladas a las estaciones de superficie analizadas tuvieron un carácter creciente.

El análisis cuantitativo aproximado del crecimiento o decrecimiento de las series con tendencia mediante un ajuste lineal, muestra que el aumento de año en año es como promedio de 0.08 km/h.

Por otra parte, los resultados hallados justifican el programa eólico planificado y su proyección futura, basado sobretodo en la no disminución de la rapidez del viento en períodos venideros.

AGRADECIMIENTOS

El colectivo de autores desea agradecer al MSc. Pedro Roura por toda la preparación de la series de datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, Y., Y. Martinez, A. Roque, W. Yu, y I. Borrajero (2019a): A post-processing module based on Cressman's analysis to improve the Wind Energy Simulation Toolkit mapping system. *Wind Engineering*, 43 (3), 277-298, doi: 10.1177/0309524X18780400, URL <https://doi.org/10.1177/0309524X18780400>
- Alonso Díaz Y, Bezanilla A, Roque A, Centella A, Borrajero I, y Martinez Y. (2019b): Wind resource assessment of Cuba in future climate scenarios. *Wind Engineering*. 2019;43(3):311-326. doi: <http://doi.org/10.1177/0309524X18780399>
- Alonso Y, Bezanilla A, Alpizar M y Martinez Y. (2022): Wind energy resources assessment of Cuba using the regional climate model PRECIS in high resolution scenarios of climate change RCPs. *Wind Engineering*. 2022;46(5):1389-1407. doi: <http://doi.org/10.1177/0309524X221080469>
- Álvarez L. y R. Álvarez (2000): El efecto de acumulación y su influencia en el patrón de dispersión de contaminantes. *Revista Brasileña de Meteorología*, 15(1): 103 -112
- Álvarez L., R. Álvarez y A. Roque (2000): Caracterización del efecto de acumulación para el cálculo de la dispersión de contaminantes y sus aplicaciones a lo largo de la Isla de Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*. 7(1), 8 - 13.
- Álvarez L., R. Álvarez y A. Roque. (2001): Aplicación del efecto de acumulación a la rectificación del modelo de dispersión de contaminantes practicado a una estación con poca información. *Revista Cubana de Meteorología*. Volumen 8, No.1, 32-37.
- Álvarez, L., Montejo, I., Morales, R., Ferro, L., Llerena, R., Ramírez, C., Rojas Díaz, Y., y Gil, M. (2012). Estudio de la marcha interanual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para el territorio cubano. *Revista de Climatología*, 12, 1-21. http://www.climatol.eu/rec_lim/reclim12a.pdf
- Álvarez, L., Borrajero, I. y Bárcenas, M. (2014): Análisis de la calidad de series largas de registros de código de estado del tiempo presente para las estaciones de Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 20 (1): 3 - 9, <http://www.insmet.cu/contenidos/biblioteca/revistas/2014/n1/1.pdf>.
- Boytel F. (1972): Geografía Eólica de Oriente. Instituto Cubano del Libro. Ediciones de Ciencia y Técnica, 19 No. 1002, 247 pp.
- Carrasco, M., A. Roque, y M. Carnesoltas (2012): "Caracterización de la brisa de mar y el terral para un mejor aprovechamiento de la energía eólica". *Revista Ciencia Tierra y Espacio*, II Época, Vol. 13/ No. 2/ julio-diciembre /2012 / p.43-56 ISSN 1729-3790. Available: <http://www.iga.cu/publicaciones/revisa/assets/5-energ%C3%A9tica%3B3lica-brisas-terral.pdf>
- González C., L. Lecha, A. Campos, D. Cioffi, M. González, B. Lapinel, M. Limia, M. Osorio, J. Rego, S. Echevarría, M. Seguí (1987): Altas Climáticos de Cuba. Editado e impreso por el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. Confeccionado por el Instituto de Meteorología de la Academia de Ciencias de Cuba.
- IPCC (2023): AR6 Synthesis Report, Climate Change 2023, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
- Lecha, L., L. R. Paz y B. Lapinel (1994): El Clima de Cuba. Editorial Academia, La Habana, Cuba.
- Perdigón, J.; Rodríguez, G. y Roque, A. (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, 2012. ISSN 1729-3790. Available: <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/download/19/19>
- Planos E, (2014): Atlas Climático de Cuba. Informe Científico del Instituto de Meteorología
- Sneyers R. (1990): On the Statistical Analysis of Series of Observations. Technical Note No. 143, WMO No. 415, World Meteorological Organization, Geneva, 192 p. https://library.wmo.int/viewer/30743?medianame=wmo_415_#page=1&viewer=picture&o=bookmarks&n=0&q=
- Roque A.; Carrasco, M. y Reyes, P. (2015a): "Perfil vertical del viento en la capa superficial atmosférica sobre Cuba. Aplicación al estudio del viento como fuente de energía". *Revista Cubana de Meteorología*, Vol. 1 No.1.2015. ISSN 1729-3790. Available: <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/188/0>.
- Roque, A.; Carrasco, M. y Reyes, P. (2015b): "Características del perfil vertical del viento en la capa superficial atmosférica sobre Cuba, atendiendo a la estratificación térmica de la atmósfera". *Revista Ciencia Tierra y Espacio*. 2015 / julio-diciembre / Vol. 16 No. 2, ISSN 1729-3790. Available: [http://www.iga.cu/publicaciones/revista/assets/06.caracperfilviento\(2\).pdf](http://www.iga.cu/publicaciones/revista/assets/06.caracperfilviento(2).pdf).

- Roque A., U. Montenegro y A. Peña (2018): Particularidades del viento en la región oriental del país. *Revista Cubana de Meteorología*, Vol.24, No.3, pp. 335-348, 2018, ISSN: 0864-151X
- Roura P., Díaz, D. y Sistachs, V. (2021): Vientos máximos y probabilidades de afectación por huracanes en Cuba. Informe técnico del Centro del Clima. Instituto de Meteorología, La Habana. ISBN: 978-959-300-219-6 versión digital y 978-959-300-218-9 versión impresa.
- Soltura R., A. Roque, A. Wallo, O. Herrera, González A, Carrasco H y G. Martin (2006): Mapa de potencial eólico de Cuba. Aplicación del modelo de microescala WAsP, Resultado Científico -Técnico INSMET, 47pp.
- Soler E., R. Rivero, y. Rosales, L. Sánchez (2012): Estudio de prospección eólica en la Isla de la Juventud, Informe Científico - Técnico, Instituto de Meteorología, Proyecto: Producción y Comercialización de Servicios Energéticos Renovables. Caso: Isla de la Juventud, 43pp.