

Variaciones y tendencias de la actividad ciclónica tropical sobre el mar Caribe

Variations and trends of the tropical cyclone activity over the Caribbean Sea



<https://cu-id.com/2377/v31n3e12>

 Nathalí Valderá Figueredo

Instituto de Aeronáutica Civil de Cuba (IACC). La Habana, Cuba.

RESUMEN: Se presenta un análisis de las variaciones y tendencias de la ciclogénesis tropical sobre el mar Caribe entre los años 1851 y 2022. Fueron analizadas la frecuencia de formación para los meses extemporáneos y para cada mes de la temporada ciclónica, además de las tendencias descritas por la serie cronológica y la posibilidad de existencia de al menos un punto de cambio. Se realizó un énfasis particular en aquellos organismos originados en el Atlántico que afectaron directamente a Cuba. La ciclogénesis tropical en el mar Caribe ocurre mayormente entre junio y octubre con una marcada variabilidad interanual. A lo largo de las 172 temporadas ciclónicas estudiadas, se desarrollaron 309 ciclones tropicales con 196 huracanes, 79 de ellos con Categorías 3, 4 ó 5. Como promedio se forman 1.8 ciclones tropicales sobre el mar Caribe en cada temporada, con una desviación típica de ± 1.57 . La máxima frecuencia de formación ocurrió en octubre, seguido por agosto y septiembre. Desde 1951 se ha evidenciado una tendencia al incremento, sobre todo de agosto a octubre, donde se concentraron el 73.5 % de los casos, con un punto de cambio hacia 1992, ligeramente desplazado para los huracanes de gran intensidad.

Palabras Clave: actividad ciclónica tropical, ciclones tropicales, huracanes, mar caribe, variabilidad climática.

ABSTRACT: An analysis of the variations and trends of tropical cyclogenesis over the Caribbean Sea between the years 1851 and 2022 is presented. The frequency of formation was analyzed for the extemporaneous months and for each month of the hurricane season, in addition to the trends described by the chronological series and the possibility of existence of at least one change point. A particular emphasis was placed on those organisms formed in the Atlantic that directly affected Cuba. Tropical cyclogenesis in the Caribbean Sea occurs mostly between June and October with marked interannual variability. Throughout the 172 cyclonic seasons studied, 309 tropical cyclones developed with 196 hurricanes, 79 of them with Categories 3, 4 or 5. On average, 1.8 tropical cyclones form over the Caribbean Sea each season, with a standard deviation of ± 1.57 . The maximum frequency of formation occurred in October, followed by August and September. Since 1951, an increasing trend was evident, especially from August to October, where 73.5% of the cases were concentrated, with a change point towards 1992, slightly shifted for high intensity hurricanes.

Key words: Tropical Cyclonic Activity, Tropical Cyclones, Hurricanes, Caribbean Sea, Climate Variability.

INTRODUCCIÓN

De los fenómenos meteorológicos que afectan Cuba, los ciclones tropicales continúan siendo los que adquieren una mayor atención al ser los responsables de las mayores pérdidas socio-económicas. Históricamente, los cubanos han mostrado gran preocupación e interés por la formación de ciclones tropicales en el mar Caribe, principalmente en el mes de octubre, periodo en el cual existe una mayor probabilidad de ciclogénesis en esa cuenca. Diferentes estudios nacionales y foráneos han analizado el comportamiento de los ciclones tropicales para el Atlántico Norte. Entre ellos se destacan los realizados

por Ballester et. al. (1995, 2004, 2005, 2009) y Limia et. al. (2000).

Las investigaciones antes mencionadas analizaron el comportamiento de las tormentas tropicales y huracanes originadas en el área oceánica del Atlántico, golfo de México, mar Caribe y Cuba a partir del año 1886 hasta comienzos de la primera década de los años 2000. Otro estudio similar fue el realizado por Valderá et. al. (2021), el cual extendió la serie de ciclones tropicales del Atlántico desde 1851 al 2020. No obstante, no profundizaron en detalle las variaciones y tendencias de los organismos ciclónicos tropicales sobre el mar Caribe, dejando espacio para investigaciones más detalladas en esta área en particular.

Correspondencia: nathali.valdera@iacc.avianet.cu

Recibido: 24/04/2024

Aceptado: 04/08/2025

Conflictos de interés: La autora declara que no existen conflictos de interés.

Contribución de los autores: Concepción de la idea, manejo y análisis de los datos, investigación, metodología, supervisión y validación de los resultados: Nathalí Valderá-Figueredo.

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/)

En este sentido, resulta necesario destacar los aportes de los trabajos de Ballester et al. (2004) y Palacios & Ballester (2009), los cuales se centraron en el análisis de la actividad de huracanes sobre el mar Caribe. Ballester et al. (2004) determinaron que la actividad de los huracanes que se originan en el Caribe y que alcanzan esa categoría en esa área también experimenta oscilaciones multidecenales. Se observó una tendencia significativa al decrecimiento hacia los años 80, recuperándose posteriormente desde los años 90. Por su parte, Palacios & Ballester (2009) analizaron el comportamiento de los huracanes originados e intensificados en el Caribe en octubre durante el periodo 1951–2005, evidenciando un incremento en la temperatura superficial del mar Caribe desde 1970 con un cambio significativo hacia 1996. El presente trabajo analiza las variaciones y tendencias de la ciclogénesis tropical sobre el mar Caribe entre los años 1851 y 2022.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el análisis del comportamiento de la actividad ciclónica tropical sobre el mar Caribe, fue considerado el periodo comprendido entre los años 1851 y 2022, examinándose un total de 272 temporadas ciclónicas. Para ello se utilizó la información proveniente del reanálisis del HURDAT2¹ (Landsea et al., 2015). Para el procesamiento estadístico se realizó un análisis descriptivo tras la clasificación de los ciclones tropicales según la zona de formación.

Las tendencias y el punto de cambio se determinaron mediante los tests de Kendall-Man, el de Wald-Wolfowitz, la F de Fisher y la prueba no paramétrica de Pettitt (Sneyers, 1990). Se prefijó un nivel de significación de un 5% para la comprobación de las hipótesis y se utilizó el lenguaje de programación Python a través del entorno de desarrollo integrado Spyder en su versión 5.4.4. Aclarar que en este punto en particular se utilizó el periodo 1951–2022 en lugar del periodo 1851–2022. Esta decisión se fundamentó en la influencia de la evolución tecnológica en la detección de los ciclones tropicales, fundamentalmente a partir de 1951 y con una mayor confiabilidad después de 1970 tras la incorporación de los satélites meteorológicos (Chang & Guo, 2007; Vecchi & Knutson, 2008; Kossin et al., 2013; Bhatia et al., 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tormentas tropicales y huracanes

La frecuencia media de los ciclones tropicales (tormentas tropicales más huracanes) sobre el mar Caribe en el periodo 1851–2022 es de 1.8,

con una desviación típica de ± 1.57 . En la [tabla 1](#) se presentan algunos estadígrafos relativos a la formación mensual de ciclones tropicales en el mar Caribe.

Tabla 1. Estadística descriptiva de los ciclones tropicales originados sobre el mar Caribe entre 1851 y 2022 (Frec- Frecuencia total, X- media, DS- desviación típica, Máx- Valor máximo, Ext- Ciclogénesis en los meses que no están comprendidos en la temporada ciclónica)

	EXT	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Frec	10	25	15	57	57	113	32
X	0.06	0.15	0.09	0.33	0.33	0.66	0.19
DS	0.23	0.37	0.28	0.57	0.55	0.81	0.40
Máx	1	2	1	2	3	4	2

Algunas características estadísticas de los ciclones tropicales originados en el mar Caribe:

- Se desarrollaron 309 ciclones tropicales y 196 huracanes, 79 de los cuales llegaron a ser de gran intensidad.
- La máxima frecuencia de formación suele ocurrir en el mes de octubre mientras que el mes menos activo es julio.
- En el trimestre agosto-octubre se concentró la mayor cantidad de ciclones tropicales con un 73.5 %.
- De los diez ciclones tropicales extemporáneos, ocho se desarrollaron en el mes de mayo y dos en diciembre. En todos los casos, solamente se desarrolló un ciclón tropical extemporáneo.
- El máximo absoluto en la ciclogénesis tropical sobre el mar Caribe ocurrió en el año 1933 mientras que la mayor cantidad de formaciones en un mes ocurrió en octubre con cuatro ciclones tropicales.
- El máximo de formación de ciclones tropicales queda distribuido de la siguiente manera: junio (1886), julio (un ciclón tropical en 15 temporadas), agosto (2 ciclones en 9 temporadas), septiembre (2010), octubre (2020) y noviembre (1931).

La [figura 1](#) muestra las frecuencias anuales de la ciclogénesis tropical sobre el mar Caribe. Entre 1851 y 1890, la actividad ciclónica presentó una baja actividad, indicando pocos eventos de formación de ciclones en ese periodo. A partir de 1891 es que la ciclogénesis en el Caribe logra estar por encima de lo usual, actividad que se extiende hasta el año 1950, aunque entre 1911 y 1930 ocurre un descenso a valores muy cercanos a lo normal.

¹ Disponible en <http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/>

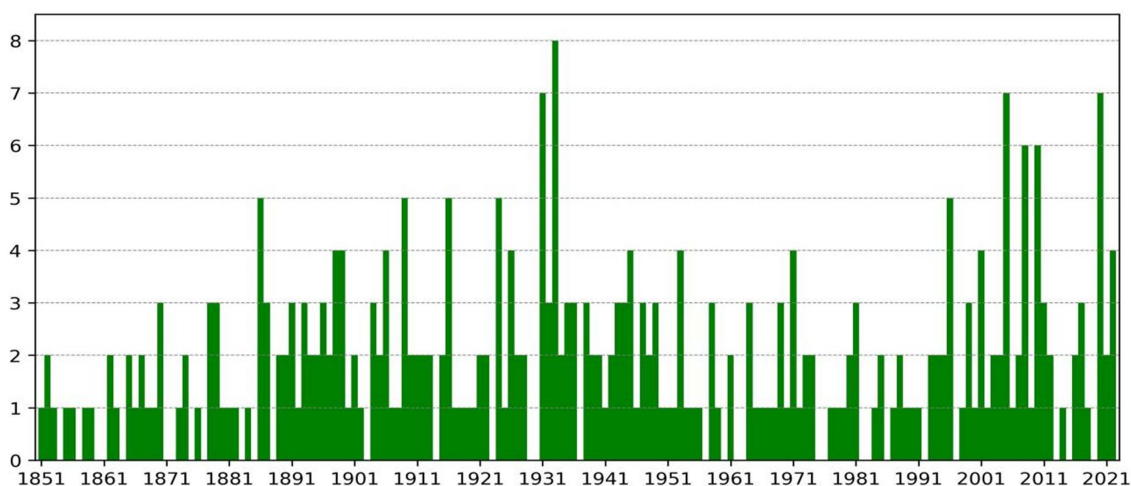


Figura 1. Frecuencia anual de los ciclones tropicales originados sobre el mar Caribe (1851-2022)

Otro ciclo de baja actividad se manifestó desde el año 1951 hasta 1990. En contraste, los años de 1991 al 2022 se caracterizaron por presentar una actividad significativamente mayor, principalmente en la primera década del siglo XXI, donde se formaron 32 ciclones tropicales.

Huracanes y huracanes de gran intensidad

Los huracanes originados a partir de ciclones tropicales formados sobre el mar Caribe entre los años 1851 y 2022 tienen una frecuencia media de 1.14. La desviación típica es ± 1.16 . Algunas características estadísticas de los huracanes y huracanes de gran intensidad se pueden observar en la [tabla 2](#). De ella se derivan las siguientes características:

- Por cada cinco huracanes que se forman, dos alcanzan las categorías 3, 4 ó 5.
- Sobre el mar Caribe los huracanes de gran intensidad presentan una frecuencia media de 0.46 y una desviación típica de ± 0.71 .
- En el trimestre agosto-octubre se produjeron las mayores frecuencias con un 79.1 y 87.3 % del total de la muestra para los huracanes y huracanes de gran intensidad respectivamente.

- Solamente un huracán se desarrolló en los meses extemporáneos, lo que ocurrió en el año 1970.
- El máximo número de huracanes formados en una temporada fue 7 y sucedió en el 2020. La mayor cifra de huracanes de gran intensidad en una temporada se presentó en los años 2005, 2008 y 2020 con tres sistemas.
- El máximo absoluto de formación de huracanes en un mes ocurrió en octubre (2020) con cuatro organismos mientras que el de los huracanes de gran intensidad se produjo en el mismo octubre, pero del año 2022.

Entre los años 1851 y 1900, se observó una etapa con baja actividad de los huracanes (Ver [figura 2a](#)). La formación de huracanes experimentó una recuperación de 1901 a 1920, con una recaída en la década del 20 del siglo XX. La ocurrencia de huracanes en el mar Caribe presentó un alza de 1931 a 1950. Entre 1951 y 1990 la actividad de huracanes atravesó otro de sus ciclos de baja actividad, aunque se notó una recuperación en la década de 1961–1970. Posteriormente, desde 1991, se evidenció un incremento sostenido en la formación de huracanes.

Tabla 2. Estadística descriptiva de los huracanes (H) y huracanes de gran intensidad (HI) originados en el mar Caribe por meses entre 1851 y 2022 (Frec- Frecuencia total, X- media, DS- desviación típica, Máx- Valor máximo, Ext- Huracanes originados en los meses que no están comprendidos en la temporada ciclónica)

H	EXT	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Frec	1	13	11	38	39	78	16
X	0.01	0.08	0.06	0.22	0.23	0.45	0.09
DS	0.08	0.29	0.24	0.45	0.46	0.68	0.29
Máx	1	2	1	2	2	4	1
HI	EXT	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Frec	0	2	2	15	20	34	5
X	0.00	0.01	0.01	0.09	0.12	0.20	0.03
DS	0.00	0.11	0.11	0.30	0.32	0.45	0.17
Máx	0	1	1	2	1	3	2

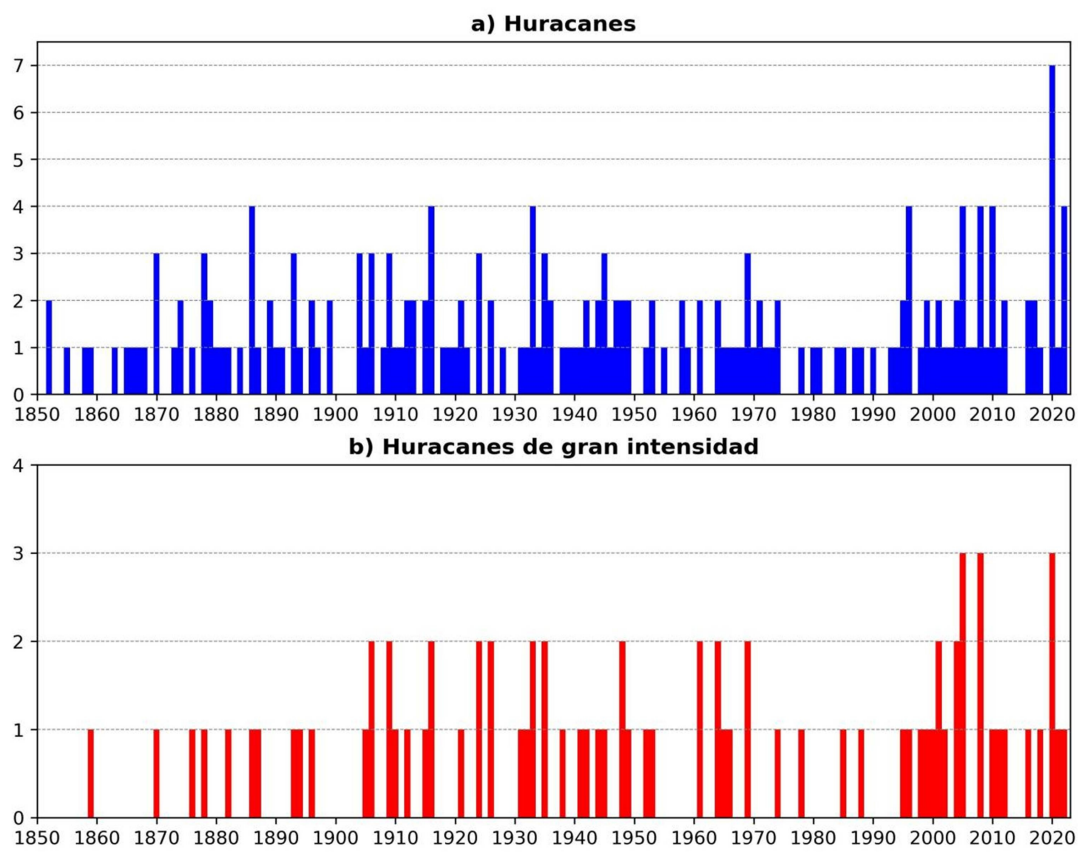


Figura 2. Frecuencia de (a) huracanes y (b) huracanes de gran intensidad desarrollados a partir de organismos gestados en el mar Caribe (1851-2022)

Respecto a los huracanes de gran intensidad (categorías 3, 4 y 5), se aprecia que del 1851 al 1920 predominó una etapa con baja actividad. Este periodo se vio interrumpido por una década de mayor actividad entre 1901 y 1910. De 1921 a 1950 la ocurrencia de huracanes de gran intensidad en el mar Caribe se incrementó. Sin embargo, entre 1951 y 1990, atravesó otro de sus periodos de menor actividad, aunque en la década del 60 del siglo XX se produjo un incremento de la actividad que continuó desde 1991 hasta 2022.

Del resumen de los estadígrafos de los test estadísticos aplicados mostrados en la [tabla 3](#) puede deducirse un incremento en los valores del estadígrafo de Mann (*KM*) para los ciclones tropicales. Para los huracanes y huracanes de gran intensidad, también se observa una tendencia al incremento, aunque esta no resultó estadísticamente significativa. Según el test de Pettitt, el año 1992 constituye un punto de inflexión en la serie de los ciclones tropicales y huracanes

en el mar Caribe, mientras que para los huracanes de gran intensidad el punto de inflexión ocurre dos años después, en 1994.

CONCLUSIONES

- La frecuencia anual de formación de tormentas tropicales y huracanes sobre el mar Caribe presenta una marcada variabilidad tanto a nivel multianual como interanual.
- Entre 1851 y 2022 se originaron 309 ciclones tropicales (tormentas tropicales y huracanes) sobre el golfo de México, de los cuales 196 alcanzaron la categoría de huracanes y, 79 de ellos fueron categorías 3, 4 ó 5 en la escala Saffir-Simpson.
- A través del tiempo se han identificado periodos de mayor y menor actividad ciclónica sobre el mar Caribe. Desde 1891 hasta 1950, se observó un periodo de alta actividad, situación que se repite nuevamente desde 1991 hasta el 2022,

Tabla 3. Valores de los estadígrafos de las dúcimas de Mann (*KM*), Wald-Wolfowitz (*WW*), Fisher (*FF*) y Pettitt (*Pe*) referidos al referidos al número de ciclones tropicales (*CT*), huracanes (*H*) y huracanes de gran intensidad (*HI*) originados en el mar Caribe desde 1951 al 2022. Las probabilidades α_1 , α_2 , α_3 y α_4 se expresan en por ciento

	<i>KM</i>	α_1	<i>WW</i>	α_2	<i>FF</i>	α_3	<i>Pe</i>	α_4	Año
CT	2.01	0.04	-0.23	0.59	8.52	0.07	-466	0.02	1992
H	1.93	0.05	0.16	0.43	9.60	0.04	-485	0.02	1992
HI	1.85	0.06	0.53	0.30	13.12	0.01	-494	0.02	1994

principalmente a comienzos del siglo XXI con la formación de 32 organismos. Periodos de baja actividad se han registrado de 1851 a 1890 y de 1951 a 1990.

- Los ciclones tropicales en el mar Caribe presentan una tendencia creciente, pero no resulta estadísticamente significativa para los huracanes y huracanes de gran intensidad. Sin embargo, se detectó un cambio significativo en el comportamiento de la serie de los ciclones tropicales y huracanes a partir de 1992, con un desplazamiento hacia 1994 para los huracanes categoría 3, 4 ó 5.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bhatia, K.T.; Vecchi, G.A.; Knutson, T.R.; Murakami, H.; Kossin, J.; Dixon, K.W. & Whitlock, C.E., 2019. Recent increases in tropical cyclone intensification rates. *Nature Communications*, 10 (1): 635. DOI: [10.1038/s41467-019-08471-z](https://doi.org/10.1038/s41467-019-08471-z).
- Ballester, M.; González, C. & Pérez, R. 1995. Variabilidad de la ciclogénesis tropical en el Atlántico Norte. Informe Final del Proyecto “Variabilidad de la actividad ciclónica en la región del Atlántico Norte y su pronóstico”. La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología, 88 p.
- Ballester, M.; González, C. & Pérez, R. 2004. Actividad ciclónica en las áreas del Océano Atlántico, golfo de México, mar Caribe y Cuba durante el periodo 1886-2002. Informe Científico del Proyecto “Pronóstico de la actividad ciclónica en la región del Atlántico Norte, con énfasis en el Caribe y Cuba”. La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología, 31 p.
- Ballester, M.; Pérez, R. & González, C. 2005. Los huracanes del Caribe y Cuba. XI Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología y XV Congreso Mexicano de Meteorología. Memorias. Cancún Quintana Roo, México.
- Ballester, M.; González, C. & Pérez, R. 2009. Actividad ciclónica en las áreas del océano Atlántico, golfo de México, mar Caribe y Cuba durante el periodo 1886-2008. Informe de Resultado del Proyecto “Variabilidad de la actividad ciclónica en la región del Atlántico Norte y su pronóstico”. La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología, 35 p.
- Ballester, M.; González, C. & Pérez, R. 2010. Variabilidad de la actividad ciclónica en la región del Atlántico Norte y su pronóstico. La Habana, Cuba: Editorial Academia, 170 p. ISBN: 978-959-270-175-5.
- Chang, E.K.M. & Guo, Y. 2007. Is the number of North Atlantic tropical cyclones significantly underestimated prior to the availability of satellite observations? *Geophysical Research Letters*, 34 (14): 1-5. DOI: [10.1029/2007GL030169](https://doi.org/10.1029/2007GL030169).
- Kossin, P.; Olander, T.L. & Knapp, K.R. 2013. Trend Analysis with a New Global Record of Tropical Cyclone Intensity. *Journal of Climate*, 26 (24): 9960-9976. DOI: [10.1175/JCLI-D-13-00262.1](https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00262.1).
- Landsea, C.; Franklin, J. & Beven, J. 2015. The revised Atlantic hurricane database (HURDAT2). National Hurricane Center.
- Limia, M.; Vega, R.; Pérez, R. & Durán, J. 2000. Climatología de los ciclones tropicales que han afectado a Cuba (1799-1998). Informe de Resultado No. 4 del Proyecto 01301094. La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología, 36 p.
- Palacios, J. & Ballester, M. 2009. Variabilidad en la frecuencia de los huracanes del Caribe en octubre durante el periodo 1951-2005. *Revista Cubana de Meteorología*, 15 (1): 73-81. La Habana, Cuba.
- Sneyers, R. 1990. Technical Note No 143 On the statistical analysis of series of observations. WMO No415, Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 192 p. ISBN: 978-92-63-10415-1.
- Valderá, N.; González, C. & Pérez, R. 2021. Variabilidad de la actividad ciclónica tropical en el océano Atlántico, golfo de México, mar Caribe y Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 27 (4): 1-8.
- Vecchi, G.A. & Knutson, T.R. 2008. On estimates of historical North Atlantic tropical cyclone activity. *Journal of Climate*, 21 (14): 3580-3600. DOI: [10.1175/2008JCLI2178.1](https://doi.org/10.1175/2008JCLI2178.1).