

# Climatología de los ciclones tropicales en la provincia Holguín en el período 1851-2023

## Climatology of tropical cyclones in the province of Holguin in the period 1851-2023



<https://cu-id.com/2377/v31n1e10>

 Iliana Cruz Torres\*,  Graciela Pérez Rivas,  Axel Hidalgo Mayo

Centro Meteorológico Provincial de Holguín, Cuba.

**RESUMEN:** Se presenta el comportamiento de los ciclones tropicales en la provincia Holguín, en el período 1851-2023. Se trabaja con la serie cronológica del período antes citado, en correspondencia con los mapas de trayectorias consultados, pertenecientes al Centro Nacional de Huracanes; esto unido al estudio bibliográfico, arrojó como resultados que, tanto de manera directa como indirecta, 86 organismos ciclónicos afectaron al territorio holguinero, observándose un incremento de ellos en el período 2000-2023. Resalta que el bimestre de mayor afectación para la provincia Holguín resultó ser agosto - septiembre, con el 60.5 % del total de casos estudiados, y la cuenca del océano Atlántico como el área de su formación más frecuente, con el 65% de los casos. Se utilizaron los estadígrafos de Mann-Kendall (obteniéndose una tendencia global creciente, con un nivel de significación mayor al 5 %), y Pettit, que mostró la ciclicidad del comportamiento de los ciclones tropicales en el área objeto de estudio. Por su parte, el cálculo de los períodos de retorno mostró como resultado que un hidrometeoro puede afectar la provincia de Holguín cada 2.6 años, y dos de estos organismos, en una misma temporada, pueden hacerlo cada 11.2 años. Para el caso de los huracanes, es de esperar la influencia de uno de estos eventos cada 4.2 años.

**Palabras claves:** ciclones tropicales, climatología, tendencia, períodos de retorno.

**ABSTRACT:** The behavior of tropical cyclones in the Holguin province is presented, in the period 1851-2023. We work with the chronological series of the aforementioned period, in correspondence with the trajectory maps consulted, belonging to the National Hurricane Center, this together with the bibliographic study, showed that, both directly and indirectly, 86 cyclonic organisms affected the Holguin territory, observing an increase in them in the period 2000-2023. It stands out that the two-month period with the greatest impact for the Holguin province turned out to be August - September, with 60.5% of the total cases studied, and the Atlantic Ocean basin as the area of its most frequent formation, with 65% of the cases. The Mann-Kendall statisticians were used (obtaining a global increasing trend, with a level of significance greater than 5%) and Pettit, which showed the cyclicity of the behavior of tropical cyclones in the area under study. For its part, the calculation of the return periods showed that a hydrometeor can affect the province of Holguin every 2.6 years, and two of these organisms, in the same season, can do so every 11.2 years. In the case of hurricanes, the influence of one of these events is to be expected every 4.2 years.

**Key words:** tropical cyclones, climatology, trend, return periods.

### INTRODUCCIÓN

Desde 1950 se han evidenciado cambios en algunos fenómenos climáticos extremos, con incremento de las pérdidas económicas derivadas de desastres relacionados con estos fenómenos a nivel global (IPCC, 2012). En condiciones de un clima cambiante,

se esperan cambios en la frecuencia, intensidad y duración de estos fenómenos. Ante estos escenarios, es evidente la necesidad de generar conocimientos científicos sólidos para entender aquellos factores que son capaces de alterar la marcha normal del clima (Fonseca, 2019) y estudiar sistemas como los ciclones tropicales.

\*Autor para correspondencia: Iliana Cruz Torres. E-mail: [iliana.cruz@hlg.insmet.cu](mailto:iliana.cruz@hlg.insmet.cu)

Recibido: 09/07/2024

Aceptado: 02/12/2024

**Conflicto de intereses:** Los autores del artículo declaran que no existen conflictos de intereses

**Contribución de los Autores:** En la elaboración del citado artículo científico, los autores participamos en su diseño, análisis de los datos empleados e interpretación; así como en la redacción, revisión y aprobación de la versión definitiva de igual manera.

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/)

De acuerdo con (Sandrik & Landsea, 2003 y WMO, 2006), un ciclón tropical es un término genérico que se emplea para designar a los sistemas de bajas presiones no frontales que se forman sobre las aguas tropicales o subtropicales, en una escala sinóptica con núcleo caliente y una convección profunda organizada, junto a una circulación ciclónica del viento definida en la superficie. Se incluyen dentro del término ciclón tropical a los estadios de: depresión tropical, tormenta tropical y huracán. Estos presentan una gran variabilidad interanual (Planos *et al.*, 2013), caracterizada por periodos de mayor o menor actividad ciclónica.

Según (Planos *et al.*, 2013), numerosos estudios asocian los cambios de la actividad ciclónica en el océano Atlántico a la interacción de un conjunto de factores, entre los que destacan: el movimiento del anticiclón subtropical del Atlántico y la zona intertropical de convergencia; las bajas presiones en superficie y las altas temperaturas superficiales del mar; la ocurrencia de fuertes eventos El Niño-Oscilación del Sur, que inhiben la formación de ciclones tropicales en esta área; y la existencia de la fase oeste en la Oscilación Cuasibienal, lo que se relaciona con temporadas más activas.

Desde comienzos del siglo XXI la actividad ciclónica está en alza y de continuar aumentando la temperatura del planeta, se espera la intensificación de todos los movimientos atmosféricos y oceánicos; además del aumento del contenido energético en el mar. Todos estos elementos dan lugar al aumento del poder destructivo de los ciclones tropicales.

En Cuba, el paso del huracán Flora en el año 1963, marca un antes y un después en el desarrollo del Sistema Meteorológico (Ramos, 2009). Tras el impacto de este organismo se ha trabajado ardua e incansablemente en fortalecer la vigilancia del tiempo y el clima, y en disminuir las vulnerabilidades existentes en los diferentes sectores socioeconómicos y la población en general. En cumplimiento a la misión del Sistema Meteorológico y en presencia de un clima cambiante, buena parte de los estudios realizados, se han centrado en analizar las variaciones y tendencias de los ciclones tropicales en el territorio nacional.

En los últimos años se les ha dado prioridad a los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo (PVR) en el país (AMA, 2014). En la Directiva 1 (CDN, 2022) se declara que los peligros de desastres hidrometeorológicos están asociados a eventos meteorológicos y climáticos extremos, por lo que se hace necesario estudiar la probabilidad de ocurrencia de las lluvias intensas, fuertes vientos y las inundaciones costeras, así como de los organismos tropicales que pueden generarlas.

Se han realizado varios estudios relacionados con la climatología de los ciclones tropicales para el país y algunas provincias, dentro de las se destacan, La

Habana, Artemisa y Mayabeque, Ciego de Ávila, Villa Clara y Camagüey, entre otras (Hernández *et al.*, 1998; Hernández *et al.*, 2002; Machado *et al.*, 2006; Machado, 2010; Córdova *et al.*, 2013; Agüero *et al.*, 2016; Córdova *et al.*, 2018; Roura *et al.*, 2018; González & Ramos, 2019; Marcelo & Roura, 2020; Marcelo & Rodríguez, 2020; Coll & Pérez, 2021; Brito *et al.*, 2021; Zamora *et al.*, 2023 y Pérez *et al.*, 2024). Además, se han obtenido otros resultados relacionados con las inundaciones costeras, las lluvias intensas y los fuertes vientos; y se ha empleado esta información en la confección de mapas de peligros asociados a estos elementos (Casals, 2002; Salas *et al.*, 2005; Pérez *et al.*, 2010; Hidalgo *et al.*, 2015; Córdova *et al.*, 2018; Hidalgo *et al.*, 2019; Roura & Díaz, 2020; Sanabria *et al.*, 2020; Coll & Pérez, 2021; Valverde *et al.*, 2021; Pérez *et al.*, 2022; Hidalgo & Mitrani, 2022 y Mitrani *et al.*, 2024).

El antecedente más reciente, relacionado con la climatología de los ciclones tropicales en la provincia de Holguín (Hidalgo *et al.*, 2013), emplea en su estudio la cronología correspondiente al período de 1791-2010; obteniéndose como resultado una tendencia positiva en la actividad ciclónica para la provincia, en frecuencia e intensidad, en el período 1998-2010.

Es probable que hayan afectado un número mayor de organismos tropicales a la provincia; pero algunos casos, no se reportaron debido a la ausencia de tecnologías adecuadas y la falta de conocimientos acerca del tema, lo que conlleva a un actual estudio basado en una profunda revisión bibliográfica y el rescate de la memoria histórica, con el objetivo de actualizar la climatología de los organismos tropicales que han afectado el territorio holguinero en el período 1851-2023.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó la serie cronológica de 1851-2023, en correspondencia con los mapas de trayectorias de los ciclones tropicales con que cuenta la base de datos del Centro Nacional de Huracanes, conocida como HURDAT2.0 disponible en la página web [www.nhc.noaa.gov](http://www.nhc.noaa.gov). En el estudio se analizaron los ciclones tropicales que han afectado directa o indirectamente a la provincia de Holguín, ya sea por viento, lluvia e inundaciones costeras, elementos estos de interés para el territorio; datos que, a partir del año 1971 hasta la actualidad, se corroboraron a partir de la información proveniente del Archivo Climático del Centro Meteorológico Provincial, resúmenes del grupo de pronósticos y Boletines de la Vigilancia del Clima.

En la elaboración de la serie solo se consideraron los ciclones tropicales en estadio de tormenta tropical y los que afectaron como huracán. Los huracanes se clasificaron de acuerdo a la Escala Saffir-

Simpson a partir de la velocidad del viento máximo sostenido: categoría 1 (119-153 km/h), categoría 2 (154-177 km/h), categoría 3 (178-208 km/h), categoría 4 (209-251 km/h) y categoría 5 (>252 km/h). En la investigación se consideró como un huracán intenso a aquel sistema que alcance cualquiera de estas tres últimas categorías.

Para el análisis de la tendencia y el punto de cambio en series cronológicas, la OMM (Organización Meteorológica Mundial) recomendó en su Nota Técnica número 534, citada en (Sneyers, 1990 y Hernández *et al.*, 2002), utilizar los estadígrafos de Mann-Kendall y Pettit; para ello se empleó el paquete “trend” del software R (R Core Team, 2023) y el programa diseñado por (Mellado & Borrajero, 1997).

La estimación de los períodos de retorno se realizó por intermedio de la **Función de Distribución de Poisson (1)**,

$$P(x = n) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^x}{x!} \quad x = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Donde,

$P(x = n)$ : probabilidad de ocurrencia

$\lambda$ : promedio del número de eventos por años

$x$ : número de eventos en el período de observación

$e$ : base de los logaritmos neperianos ( $e = 2.71828$ )

Se recomendó el uso de esta expresión en el estudio de fenómenos o sucesos donde la probabilidad de ocurrencia fue baja, además de requerir que los procesos sean aleatorios e independientes entre sí (Lothar, 1978 y Wilks, 2019). De acuerdo a lo anterior, se puede utilizar en la estimación del período de retorno de los ciclones tropicales debido a su baja frecuencia en series hiperanuales.

La determinación del período de retorno se realizó finalmente por medio de la **expresión (2)**,

$$T(k) = \frac{1}{1 - Q(k)} \quad (2)$$

$T(k)$ : períodos de retorno en casos por años

$Q(k)$ : probabilidad acumulada según la Función de Distribución de Poisson.

Para determinar si la distribución de probabilidad escogida fue idónea, se empleó la prueba no paramétrica Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) (Wilks 2019):

$$\begin{aligned} \chi^2 &= \sum_{i=1}^k \left( \frac{(F_{oi} - F_{ei})^2}{F_{ei}} \right) \\ &= \sum_{i=1}^k \left( \frac{(F_{oi} - n \cdot P_i)^2}{n \cdot P_i} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

Donde:

$i, n$ : clases ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) y tamaño de la muestra

$F_{oi}, F_{ei}$ : frecuencia observada y estimada de la clase  $i$  respectivamente

$P_i$ : probabilidad estimada de la clase  $i$

Si  $\chi^2 > \chi^2_{1-\alpha}(k-m-1)$  (distribución  $\chi^2$  con  $k - m - 1$  grados de libertad y un percentil  $1-\alpha$ ), se rechaza la hipótesis nula, o sea que la distribución escogida no es adecuada. En este caso  $m$ , representa la cantidad de parámetros que se necesitan estimar, como es solamente ( $\lambda$ , media de la distribución)  $m = 1$ , para un nivel de significación del 5%, la distribución  $\chi^2$  con uno y dos grados de libertad y un percentil de 0.95, toma los valores de 3.84 y 5.99 respectivamente (Hidalgo & Mitrani, 2022).

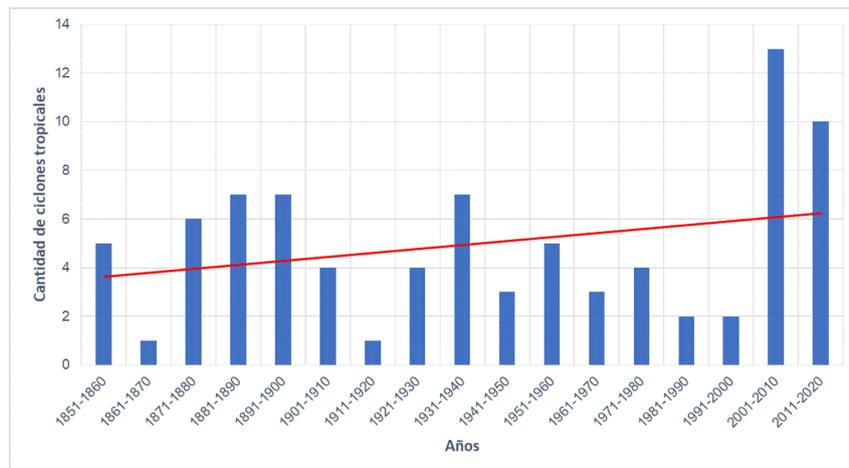
Aunque la prueba  $\chi^2$  tiene limitaciones en los casos que la frecuencia observada es menor que cinco y hay pocas clases, (Dickinson & Chakraborti, 2011) recomiendan su uso siempre y cuando la frecuencia esperada sea mayor a 1, en tanto si la distribución tiene un solo grado de libertad estos propios autores recomiendan emplear la corrección de Yates:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \left( \frac{(|F_{oi} - F_{ei}| - 0.5)^2}{F_{ei}} \right) \quad (4)$$

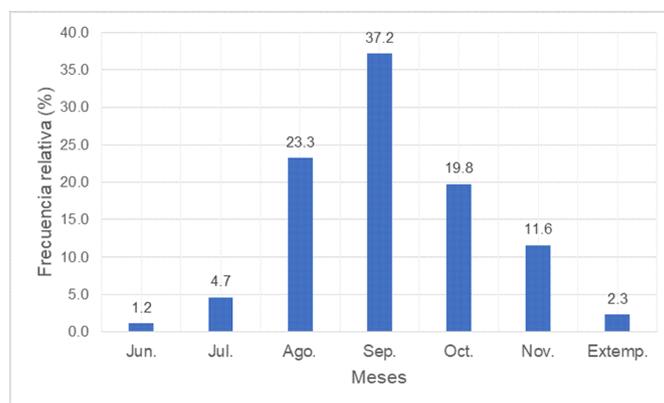
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fueron incluidos 21 organismos a la serie utilizada por (Hidalgo *et al.*, 2013) con la nueva revisión realizada, sin contar los organismos que fueron añadidos a la serie a partir del año 2010. El actual estudio arrojó que entre 1851-2023 la provincia de Holguín fue afectada por 86 organismos ciclónicos tropicales (diganse tormentas tropicales y huracanes), de ellos 25 pertenecen al período 2000-2023. La **figura 1** muestra el comportamiento de los ciclones tropicales por décadas en el período estudiado hasta el año 2020, los cuales presentaron una tendencia creciente de 0.16 casos/décadas, aunque la misma no es estadísticamente significativa. La figura sugiere un incremento en la frecuencia de afectación por ciclones tropicales; sin embargo, hay que considerar que este resultado puede estar asociado a una mayor disponibilidad de datos en los últimos años.

La investigación corroboró que el área de formación más frecuente, para los ciclones tropicales que afectan a Holguín, es la cuenca del océano Atlántico, con el 65% de los casos, lo que se corresponde con lo expresado por (Coll & Pérez, 2021 y Hernández *et al.*, 1998). De acuerdo con (Roura *et al.*, 2018; Planos & Gutiérrez, 2020 y Coll & Pérez, 2021) el bimestre septiembre-octubre es el de mayor cantidad de huracanes intensos para Cuba; sin embargo, para la provincia resultó que los meses de mayor afectación son septiembre (37.2%) y agosto (23.3%), con el 60.5% del total de casos estudiados (**figura 2**),



**Figura 1.** Tendencia de los organismos ciclónicos tropicales que afectaron a la provincia de Holguín en el período de 1851-2023 (Fuente: elaboración propia)



**Figura 2.** Frecuencia mensual de afectación de los ciclones tropicales en la provincia de Holguín en el período 1851-2023 (Fuente: elaboración propia)

en correspondencia con la climatología precedente y otros resultados obtenidos para las provincias orientales (Hernández *et al.*, 2002 y Agüero *et al.*, 2016). Al comparar estos porcentos con los determinados por (Hidalgo *et al.*, 2013), se aprecia una pequeña disminución en la proporción de estos, lo cual se debe a un mayor número de casos analizados, asociados principalmente al registro en los últimos años, y a una mayor influencia en otros meses dentro de la temporada ciclónica.

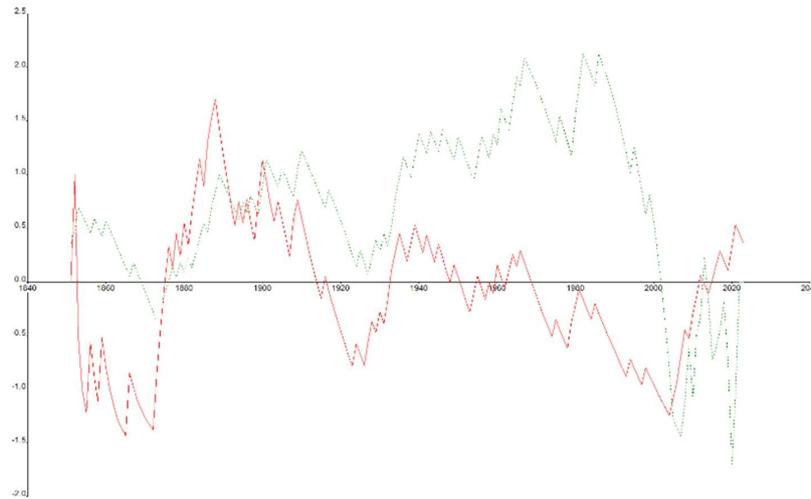
Los huracanes Flora (1963), Kate (1985), Georges (1998), Ike (2008), Sandy (2012) y Matthew (2016) destacan entre todos los casos estudiados; estos sistemas dejaron tras sí cuantiosos daños y pérdidas económicas en el territorio. El paso de Ike constituyó, de acuerdo a estudios paleoclimáticos, la primera vez en que la provincia fue afectada directamente por un huracán de gran intensidad (Planos *et al.*, 2013).

En el presente siglo se aprecia un incremento en la actividad ciclónica, esto se corrobora al aplicar el estadígrafo de Mann-Kendall, que mostró una tendencia global creciente (figura 3), con un nivel de significación mayor al 5 % y un valor de  $\alpha_1 = 0.72$ ,

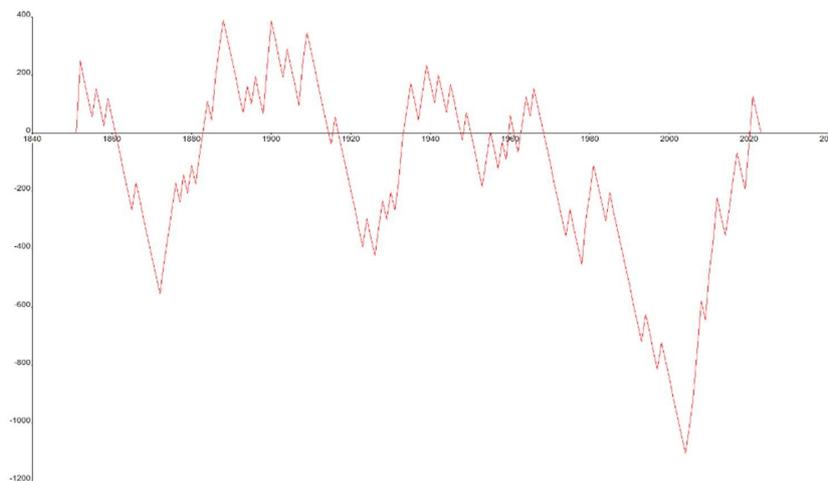
mayor que  $\alpha_0 = 0.05$ , por lo que se rechazó la hipótesis nula. Al aplicar el estadígrafo de Pettit ( $\alpha_1 = 0.24$ ), el gráfico obtenido mostró la ciclicidad del comportamiento de los ciclones tropicales en el área objeto de estudio; no obstante, resalta la tendencia creciente a partir del año 2004 (figura 4), en correspondencia con el mayor número de organismos ciclónicos que han afectado al territorio holguinero en los últimos años.

### Períodos de retorno

El estudio de los períodos de retorno de los ciclones tropicales es un elemento importante a tener en cuenta. Diversos autores han realizado su estudio para Cuba y algunas de sus provincias (Hernández *et al.*, 1998; Machado *et al.*, 2006; Córdova *et al.*, 2013; Roura *et al.*, 2018; Córdova *et al.*, 2018; Marcelo & Roura, 2020 y Zamora *et al.*, 2023). Al analizar los resultados obtenidos por estos autores, se observa que los períodos de retorno varían con relación a las series utilizadas, así como los estadios y categorías de los sistemas utilizados para este fin.



**Figura 3.** Gráfico obtenido al aplicar la prueba de Mann-Kendall  
(Fuente: elaborado a partir del programa de (Mellado & Borrajero, 1997))



**Figura 4.** Gráfico obtenido al aplicar la prueba de Pettit  
(Fuente: elaborado a partir del programa de (Mellado & Borrajero, 1997))

**Tabla 1.** Cálculo de los períodos de retorno para los ciclones tropicales en la provincia Holguín referidos al período 1851-2023

CT/año	Fo	Pe	Fe	Pa	Tr
0	87	0.608	105.234	0.608	--
1	50	0.302	52.313	0.911	2.6
2	14	0.075	13.003	0.986	11.2

El cálculo de los períodos de retorno con la serie de datos actualizada hasta el 2023, con un registro de 86 fenómenos en 173 años, dio como resultado que un hidrometeoro puede afectar la provincia de Holguín cada 2.6 años, y dos de estos organismos, en una misma temporada, pueden hacerlo cada 11.2 años. Para el caso de los huracanes, es de esperar la influencia de uno de estos eventos cada 4.2 años, en tanto dos huracanes en un mismo año tienen una probabilidad de un caso cada 32.4 años; mientras que los intensos pudieran afectar al territorio al menos una vez cada 12.9 años (tablas 1-3).

Cuando se comparan estos resultados con los de (Hidalgo *et al.*, 2013) se aprecia una disminución

en el período de retorno de los hidrometeoros y de los huracanes en general, lo que evidencia un incremento en la frecuencia de afectación de este tipo de fenómeno a la provincia. Estos investigadores determinaron que hasta el año 2010 era de esperar la afectación por un hidrometeoro cada 4.1 años, y dos al menos una vez en 30.1 años. Para el caso de los huracanes la probabilidad de afectación era de un evento cada 7.4 años.

También se analizó el período de retorno de los ciclones tropicales que han afectado directa e indirectamente al territorio. El cálculo mostró que la provincia puede ser afectada de forma indirecta por un ciclón tropical cada 3.3 años, y por dos organismos, en

**Tabla 2.** Cálculo de los períodos de retorno para los huracanes en la provincia Holguín referidos al período 1851-2023

Huracanes/año	Fo	Pe	Fe	Pa	Tr
0	126	0.762	131.843	0.762	--
1	38	0.207	35.819	0.969	4.2
2	4	0.028	4.866	0.997	32.4

**Tabla 3.** Cálculo de los períodos de retorno para los huracanes intensos en la provincia Holguín referidos al período 1851-2023

Huracanes/año	Fo	Pe	Fe	Pa	Tr
0	159	0.922	159.551	0.922	--
1	14	0.075	12.912	0.997	12.9

una misma temporada, cada 19.2 años, mientras que, cada 8.0 años puede ocurrir la afectación directa de un organismo tropical, y cada 123.6 años dos de ellos en una misma temporada.

En la [tabla 4](#) se presenta un resumen de los cálculos realizados en la estimación del período de retorno de acuerdo a la Distribución de Probabilidad de Poisson, así como la bondad de ajuste de la misma de acuerdo a la dódima Chi-cuadrado. La mencionada función de distribución resultó idónea para el nivel de significación del 5% (valor Chi-cuadrado calculado inferior al valor Chi-cuadrado teórico). Además, la frecuencia esperada (probabilidad estimada de acuerdo a la distribución de Poisson multiplicado por la cantidad de años, en este caso 173) explica más del 98.6% del período de retorno de los ciclones tropicales; mientras que para los huracanes la exactitud de la estimación excede el 99.6%.

la cuenca del océano Atlántico, con el 65% de los casos.

- El estadígrafo de Mann-Kendall evidencia tendencia global en la serie de datos, mientras que al aplicar Pettit resalta una tendencia creciente a partir del año 2004. El incremento apreciado en los últimos años puede estar asociado a un período cíclico de gran actividad ciclónica.
- El cálculo de los períodos de retorno manifestó un incremento en la frecuencia de ocurrencia en relación al estudio anterior. Se obtiene que un hidrometeoro puede afectar la provincia de Holguín cada 2.6 años, y dos de estos organismos cada 11.2 años. Para el caso los huracanes, es de esperar la influencia de uno de estos eventos cada 4.2 años.
- El período de retorno por afectación directa resulta ser de un organismo tropical cada 8.0 años, y 3.3 años para el caso de la afectación indirecta.

**Tabla 4.** Resumen de la bondad de ajuste  $\chi^2$  para el cálculo de los períodos de retorno, tanto para huracanes como para ciclones tropicales en sentido general

Métricas	Huracanes	Huracanes intensos	Ciclones tropicales
$\lambda$ (valor promedio, casos/años)	0.272	0.081	0.497
Chi-cuadrado calculada	0.323	0.027	3.072
Chi-cuadrado teórica ( $\alpha=5\%$ )	3.841	3.841	3.841
Frecuencia esperada (Fe)	172.53	172.46	170.55
Fe/Total años (%)	99.73%	99.69%	98.58%

## CONCLUSIONES

- La investigación muestra la climatología de los organismos tropicales que han afectado el territorio holguinero en el período 1851-2023, lo que constituye una actualización de estos estudios para el territorio.
- Se concluye que 86 organismos ciclónicos afectaron al territorio holguinero, tanto de manera directa como indirecta, observándose un incremento de ellos en el período 2000-2023.
- El bimestre de mayor afectación para la provincia Holguín resulta ser agosto (23.3%) - septiembre (37.2%), con el 60.5% del total de casos estudiados, y el área de formación más frecuente de los ciclones tropicales que afectan el territorio es
- La distribución de Poisson resultó idónea para la estimación del peligro de ocurrencia por ciclones tropicales, a partir de la prueba de bondad de ajuste  $\chi^2$  para el 5% de significación con una exactitud superior al 98.6%.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer a todos los trabajadores del Centro Meteorológico Provincial de Holguín y a todos los observadores aficionados que a lo largo de la historia han ayudado y ayudan en la confección de la memoria histórica de la provincia, sin cuyos datos no hubiera sido posible hacer este estudio.

## REFERENCIAS

- Agüero, K., Aroche, R. & Hernández, T. D. L. Á. 2016. "Afectación de los ciclones tropicales a Camagüey por zona de formación". *Monteverdia*, RNPS: 2189, ISSN: 2077-2890, 5(1): 11-23.
- AMA (Agencia de Medio Ambiente). 2014. "Metodologías para la determinación de riesgos de desastres a nivel territorial". Grupo de Evaluación de Riesgo de la Agencia de Medio Ambiente. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, 110p.
- Brito, A. L., García, L. & Chuy, T. J. 2021. "Impacto de ciclones tropicales en la zona costera de la provincia Santiago de Cuba. Período 2000-2016". *Ciencia en su PC*, 1(2): 93-110.
- Casals, R. 2002. "Cronología de las inundaciones costeras ocurridas en el sur de la provincia La Habana". *Revista Cubana de Meteorología*, 9(1): 90-95.
- CDN (Consejo de Defensa Nacional). 2022. "Directiva 1 para la gestión de la reducción de riesgo de desastres para la República de Cuba".
- Coll, P. & Pérez, A. (2021). *Climatología de los ciclones tropicales que tocaron tierra en Cuba entre 1980 y 2019*. *Revista Cubana de Meteorología*, 27(4): 1-11.
- Córdova, O. L., Sorí, R. & Galardy, R. 2013. *Cronología, estacionalidad y magnitud de los ciclones tropicales que han afectado a la provincia de Ciego de Ávila. Período 1851-2012*. *Universidad & ciencia*, 2(2): 17-34.
- Córdova, O. L., García, M., Machado, A. & Borrego, R. 2018. *Huracanes que afectaron a Ciego de Ávila y sus períodos de retorno. Período 1851 a 2017*. *Revista Cubana de Meteorología*, 24(3): 245-255.
- Dickinson, J. & Chakraborti, S. 2011. *Nonparametric Statistical Inference*. (ser. *Statistics: Textbooks and Monographs*, No. ser. 168), Fifth Edition ed., Boca Raton, US: Taylor & Francis Group, 630 p., ISBN: 978-1-4200-7762-9.
- Fonseca, C. 2019. Variabilidad climática. (ser. *Entendiendo el Cambio Climático*, no. ser. 3), La Habana: AMA, 55 p., ISBN: 978-959-300-158-8.
- González, C. M. & Ramos, L. E. 2019. *Cronología de las tormentas tropicales y huracanes que han afectado a La Habana*. *Revista Cubana de Meteorología*, 25(3): 469-480.
- Hernández, N., Vega, R. & Casals, R. 1998. *Probabilidades de afectación por ciclones tropicales en Baracoa*. *Terra. Nueva Etapa*, 14(23): 75-85.
- Hernández, N., Vega, R. & Casals, R. 2002. *Estudio de los sistemas meteorológicos que han afectado a Baracoa por penetraciones del mar e inundaciones costeras*. *Revista Cubana de Meteorología* (La Habana) 9(2): 58-68.
- Hidalgo, A., Calzadilla, D. & Pérez, G. 2013. *Climatología de los ciclones tropicales en la provincia de Holguín*. *Revista Ciencias-Holguín*, XIX(III): 147-157.
- Hidalgo, A. H. & Mitrani, I. 2015. "Tendencias climáticas de las inundaciones costeras en el litoral Gibara-Playa Guardalavaca, provincia Holguín, Cuba". *Revista de Climatología*, 15: 93-102. ISSN 1578-8768.
- Hidalgo, A., Hernández, N. & Perigó, E. 2019. *Períodos de retorno para las inundaciones costeras y los eventos extremos de viento y oleaje en la costa nororiental de Cuba*. *Revista Cubana de Meteorología*, 25(2): 191-202.
- Hidalgo, A. & Mitrani, I. 2022. "Período de retorno de las inundaciones costeras en el archipiélago cubano". *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 43 (1): 3-11.
- Lothar, S. 1978. *Estadística aplicada*. Barcelona: Ed. Labor.
- Machado, A. 2010. *Los ciclones tropicales en Villa Clara en el período 1886-2008*. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 11(3B): 1-10.
- Machado, A., Domínguez, I. M. & Viera, J. 2006. *Los ciclones tropicales en Villa Clara en el período 1886-2001: Su modelación estadística y análisis de tendencias*. *Revista Cubana de Meteorología*, 13(1): 43-50.
- Marcelo, G. C. & Rodríguez, A. 2020. *Caracterización de los huracanes del Atlántico Norte que han afectado las provincias de Artemisa, La Habana y Mayabeque entre 1791 y 2018*. *Revista Cubana de Meteorología*, 26(3): 1-7.
- Marcelo, G. C. & Roura, P. 2020. *Estudio estadístico climatológico de las tormentas tropicales en las provincias de Artemisa, La Habana y Mayabeque, períodos de retorno de los ciclones tropicales*. *Revista Cubana de Meteorología*, 26: 1-8.
- Mellado, E. & Borrajero, I. 1997. Programa para el Cálculo de los Índices de tendencia en Series Temporales. La Habana, Instituto de Meteorología, (Software Windstat, CD-ROM, versión 2.0 (Beta)).
- Mitrani, I., Cabrales, J. & Hidalgo, A. 2024. *Inundaciones costeras en territorio cubano, causadas por eventos meteorológicos severos, durante los años 2000-2022*. *Revista Cubana de Meteorología*, 30 (No. sp.), 1-9.
- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático). 2012. "Resumen para responsables de políticas" en el Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Informe especial de los Grupos de trabajo I y II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Estados Unidos de América: Cambridge University Press, 1-19 p

- Pérez, L., Hidalgo, A. & Valderá, N. 2022. *Variabilidad de las inundaciones costeras en Holguín ocasionadas por huracanes durante los siglos XIX-XXI*. *Revista Cubana de Meteorología*, 28(2): 1-8.
- Pérez, R., Salas, I., Samper, S. & Dole, J. 2010. *Atlas digital de surgencias provocadas por los ciclones tropicales en el archipiélago cubano*. *Revista Cubana de Meteorología*, 16(1): 77-89.
- Pérez, S., Porres, M. A. & Fernández, J. M. 2024. *Impacto de los ciclones tropicales en el distrito físico-geográfico La Habana-Matanzas. Periodo 2000-2020*. *Revista Cubana de Meteorología*, 30(1): 1-10.
- Planos, E. O., Rivero, R. & Guevara, V. (eds.). 2013. *Impactos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba*. La Habana: Editorial AMA, 430 p., ISBN: 978-959-300-039-0.
- Planos, E., O. & Gutiérrez, T. L. (eds.). 2020. *Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. La Habana: AMA Sello Editorial, 402 p., ISBN: 978-959-300-170-0.
- R Core Team. 2023. R: A language and environment for statistical computing. Version 4.2.3, [Linux], Vienna, Austria, The R Foundation for Statistical Computing, Available: <https://www.R-project.org/>.
- Ramos, L. E. 2009. *Huracanes. Desastres Naturales en Cuba*. La Habana: Editorial Academia, 192 p., ISBN: 978-959-270-161-8.
- Roura, P. & Díaz, D. 2020. *Metodología de viento máximo y probabilidad de afectación por huracanes en Cuba*. *Revista Cubana de Meteorología*, 26(4): 1-19.
- Roura, P., Sistachs, V., Vega, R. & Alpizar, M. (2018). *Caracterización estadística climatológica de huracanes en Cuba durante el período 1791-2016*. *Revista Cubana de Meteorología*, 24(3): 304-312.
- Salas, I., Pérez, R., Samper, S. & Dole, J. 2005. *Mapas de Peligro por ciclones tropicales. Archipiélagos de los Canarreos y Sabana-Camagüey*. *Revista Cubana de Meteorología*, 12(1): 85-92.
- Sanabria, A., Fernández, C. A. & Ferrer Hernández, A. 2020. "Estudio del peligro producido por vientos extremos en Cuba". *Revista Cubana de Meteorología*, 26(1): 1-15.
- Sandrik, A. & Landsea, C. 2003. *Chronological listing of tropical cyclones affecting north Florida and coastal Georgia, 1565-1899*.
- Sneyers, R. 1990. *On the statistical analysis of series of observation*. Geneva: World Meteorological Organization, 192 p., ISBN: 92-63-10415-8.
- Valverde, K. T., Hidalgo, H. G. & Alfaro, E. J. 2021. Probabilidad de lluvias extremas en América Central inducidas por ciclones tropicales localizados en el Mar Caribe. Informe final presentado para la aprobación del curso Laboratorio Avanzado II - FS0624, de la Escuela de Física, Universidad de Costa Rica.
- Wilks, D. S. 2019. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. Fourth Edition ed., Oxford, United Kingdom: Elsevier/Academic Press, 818 p., ISBN: 978-0-12-385022.
- WMO. 2006. Informe del PCT No. 30, OMM/DT, no. 494, Ginebra, Suiza.
- Zamora, M. D. L. A. Z., Azanza, J. & Hernández, K. 2023. *Peligro por ciclones tropicales en la Zona Especial de Desarrollo del Mariel*. *Revista de Investigaciones Marinas*, 43(2): 1-13.