

Comportamiento de indicadores de extremos climáticos en la provincia Holguín, Cuba

Behavior of climatic extreme index in Holguin's province, Cuba



<https://cu-id.com/2377/v30n4e06>

 Axel Hidalgo Mayo^{1,2*},  Graciela Pérez Rivas¹,  Iliana Cruz Torres²

¹Universidad de Holguín, Cuba.

²Centro Meteorológico Provincial de Holguín, Instituto de Meteorología, Cuba.

RESUMEN: Se presenta el análisis de los regímenes de temperatura y precipitación para la provincia Holguín, en función nueve de los 27 indicadores extremos elaborados por el Grupo de Expertos para la Detección de Índices de Cambio Climático (ETCCDI). Se emplearon los datos climáticos de las estaciones meteorológicas de Cabo Lucrecia, La Jiquima y Pinares de Mayarí en el período 1971-2022, las cuales son representativas de las zonas costera, interior y montañosa de la provincia, respectivamente. Los resultados muestran, un incremento, estadísticamente significativo para el 5% de significación, de los indicadores referidos a la temperatura máxima y los días cálidos en las tres zonas climáticas, no así para el caso de la precipitación. Se concluye que el clima de la provincia Holguín está transitando a ser más cálido y seco a la vez con una posible redistribución de la precipitación dentro del año.

Palabras claves: indicadores extremos de cambio climático, regímenes de temperatura y precipitación, Holguín.

ABSTRACT: The analysis of the temperature and rainfall regimes for the Holguin's province are presented, in based on nine of the 27 extreme indicators prepared by the Expert Team of Climate Change Detection Indices (ETCCDI). Climatic data from the meteorological stations of Cabo Lucrecia, La Jiquima and Pinares de Mayari in the period 1971-2022, which are representative of the coastal, inland and mountainous areas of the province respectively were used. The results show an increase, statistically significant at a 5% level of significance, in the indicators referring to maximum temperature and warm days in the three climatic zones, not so in the case of precipitation. It's concluded that the climate of the Holguin province is becoming warmer and drier at the same time with a possible redistribution of precipitation within the year.

Key words: extreme climate change index, temperature and rainfall regimen, Holguin.

INTRODUCCIÓN

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) confirmó que 2023 fue el más cálido de los 174 años de registros de observaciones, con anomalías de 1,45 °C superiores a los niveles preindustriales de referencia (1850-1900), dejando atrás los récords anteriores ocurridos en 2016 y 2020 (OMM, 2024). Para Cuba, de acuerdo al “Estado del Clima en Cuba 2023. Resumen ampliado” (González *et al.*, 2024) el año 2023 fue el más cálido desde 1951, con una anomalía temperatura media anual 1,38 °C por encima de la media histórica del período 1961-1990 (25,6 °C).

El análisis de las tendencias climáticas a partir de series históricas, permite identificar el comportamiento variables atmosféricas, fenómenos meteorológicos y sus consecuencias, asociados a la variabilidad climática y, en el contexto actual, a variaciones producidas por los efectos del cambio climático. Particularmente, la variabilidad y el cambio climático han incrementado la tendencia de la frecuencia de ocurrencia de los peligros naturales desde inicios del siglo XXI, fundamentalmente, en los pequeños estados insulares (IPCC, 2013).

*Autor para correspondencia: Axel Hidalgo Mayo. E-mail: axel.hidalgom@gmail.com

Recibido: 08/04/2024

Aceptado: 03/06/2024

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

Contribución de los autores: Axel Hidalgo Mayo. **Conceptualizó la investigación. Trabajó en el procesamiento de los datos, así como en su análisis e interpretación. Se encargó de la redacción del manuscrito y la edición final del mismo.** Graciela Pérez Rivas. **Participó en el análisis de los resultados y en la revisión del manuscrito.** Iliana Cruz Torres. **Participó en el análisis de los resultados y en la revisión del manuscrito.**

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/)

Por su parte, la gestión de la reducción de los riesgos de desastre y, particularmente, de las pérdidas y daños relacionados con el clima, han pasado a encabezar la agenda política internacional, destacándose el Acuerdo de París en 2015, donde se acordaron las obligaciones de los países de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la transferencia de tecnología y la adaptación a los impactos del cambio climático (IPCC, 2021). En este sentido, la Organización de Naciones Unidas (ONU) aprobó en 2015 la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la cual, en su objetivo 13, exhorta a los gobiernos a “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos” (ONU, 2015).

En Latinoamérica se han realizado varios estudios sobre el tema de los indicadores climáticos extremos para la detección del cambio climático, basados en 27 índices desarrollados por el ETCCDI (Grupo de Expertos para la Detección de Índices de Cambio Climático, por sus siglas en inglés) (Klein y Zwiers, 2009). De estas investigaciones se pueden mencionar las realizadas por (Silva *et al.*, 2015) en Brasil, (Velasco *et al.*, 2015) en México, (Belmonte, 2017) en Argentina y (Ocampo *et al.*, 2020) en Colombia y en Cuba (Burgos y González, 2012 y González *et al.*, 2017, Otero *et al.* 2021 y Planos y Gutiérrez, 2020).

Los estudios realizados en Cuba analizaron el comportamiento de 18 de estos índices en nueve estaciones meteorológicas, tomando como referencia el período 1971-2009 y, en la Isla de la Juventud (González *et al.*, 2017), con dos estaciones meteorológicas y cinco pluviómetros del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) entre los años 1980-2015. También a escala local, (Otero *et al.*, 2021) realizaron un estudio similar en el municipio Sagua la Grande, provincia Villa Clara, entre 1977-2017 combinando una estación meteorológica y cuatro pluviómetros del INRH. Por último, en (Planos y Gutiérrez, 2020) se realizó un análisis espacial de estos índices empleando 33 estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional durante el período 1980-2017.

Lo anterior conduce a que el objetivo del presente estudio, se centre en identificar extremos climáticos que permitan la detección de indicadores de cambio climático a nivel local en los regímenes de temperatura y precipitación en la provincia Holguín, como contribución a las políticas públicas del Estado Cubano, aprobadas para en enfrentamiento al cambio climático (CITMA, 2017; Asamblea Nacional del Poder Popular, 2019, 2023; Ministerio de Economía y Planificación, 2019; PCC, 2021; Consejo de Ministros, 2023).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La provincia de Holguín se encuentra situada al norte del oriente cubano; ocupando el 8,4% del territorio nacional (ver figura 1), con una extensión superficial de 9215,7 km². Limita al norte con el Océano Atlántico, al sur con las provincias de Granma y Santiago de Cuba, al este con Guantánamo (por la zona de Baracoa) y al oeste con Las Tunas. Dentro de las principales características físico - geográficas del territorio destaca, que esta posee cuatro zonas de relieve fundamentales: Llanura del Cauto, Altiplanicie de Nipe, donde se encuentra la meseta de Pinares de Mayarí, el Grupo de Maniabón, con el Cerro Galano y el Macizo Sagua - Baracoa, donde aparecen las mayores alturas de la provincia: Pico Cristal con 1 231 m y la Loma La Mensura con 995 m sobre el nivel medio del mar (ONEI, 2023).

De acuerdo a las clasificaciones de Lang modificada (Álvarez, 1992) y Köppen-Geiger (Peel *et al.*, 2007), en la provincia predominan los climas del tipo seco y sabana tropical, por ese orden; excepto en las zonas montañosas del macizo Nipe-Sagua-Baracoa y el municipio de Moa en su totalidad, donde se presentan las categorías de húmedo de sabana, húmedo y muy húmedo para la primera, así como monzónico y selva tropical para la segunda

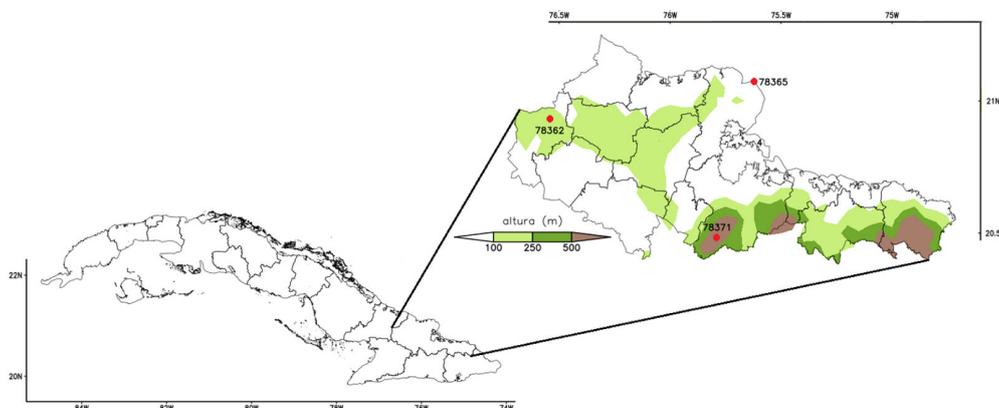


Figura 1. Ubicación geográfica y representación físico-político de la provincia de Holguín, así como la localización de las estaciones meteorológicas (círculos rojos) empleadas en esta investigación. Elaborado con información topográfica de Atlas GEBCO en su versión 2014 disponible en el sitio web www.gebco.net.

(Pérez e Hidalgo, 2016). Por su parte, el clima del territorio, de acuerdo a (Pérez e Hidalgo, 2016), está definido por tres zonas climáticas bien definidas: costera (costa norte de los municipios de Gibara, Rafael Freyre, Banes, Mayarí, Sagua de Tánamo, Moa, así como la totalidad de Antilla y Frank País), montañosa (área de los municipios ubicados en el macizo Nipe-Sagua-Baracoa) e interior (resto de la provincia).

En el presente estudio se emplearon los datos diarios de las estaciones meteorológicas (ver figura 1) de La Jiquima (78362), Cabo Lucrecia (78365) y Pinares de Mayarí (78371), las cuales son representativas de las zonas interior, costera y montañosa de la provincia Holguín, respectivamente (Pérez e Hidalgo, 2016). Se utilizó la serie 1971-2022 de las variables temperatura máxima (TX) y mínima (TN) diaria, así como precipitación (RRR) en 24 horas, la cual es homogénea en las tres estaciones.

Control de la calidad de los datos

El control de la calidad de los datos se realizó con el propio RCLimDex, usando como criterio que TX y TN estuvieran en el intervalo de tres veces la desviación estándar, que es el método implementado por el software; mientras que para la precipitación se empleó el umbral de 200 mm, el cual ha sido usado por diferentes autores cubanos (Burgos y González, 2012; González et al., 2017; Otero et al., 2021). Por otro lado, la aleatoriedad e independencia se analizó a partir de la prueba de Wald-Wolfowitz, en tanto, la homogeneidad fue estudiada a partir de las pruebas de Mann-Kendall y de Pettitt, las cuales analizan la tendencia global y el posible punto de cambio respectivamente. Para el análisis de estas últimas tres

pruebas se empleó el paquete “trend” (Pohlert, 2023) de RStudio.

El estudio de las series de TX, TN y RRR para las tres estaciones meteorológicas empleadas se realizó de acuerdo a las recomendaciones descritas en (Sneyers, 1990) de la siguiente manera:

- Se calculó el estadígrafo de Wald-Wolfowitz para probar correlación serial, el cual a su vez se puede utilizar para analizar independencia y estacionalidad (Roura et al., 2020).
- Se calculó el test de Mann-Kendall para determinar la posible existencia de tendencia global en la serie.
- Se aplicó la prueba de Pettitt si esta arroja un punto de cambio significativo cercano al test de Mann-Kendall, en caso de esta última ser estadísticamente significativa.

Indicadores extremos de cambio climático

El estudio de los indicadores extremos, para la detección del cambio climático se realizó a partir de la librería RCLimDex1.0, disponible en la página web <https://github.com/ECCC-CDAS/RCLimDex/releases> (Zhang y Feng, 2004). RCLimDex fue ejecutado sobre el software R (R Core Team, 2023), el cual calcula 27 índices referidos a los regímenes de temperatura y precipitación, definidos por el ETCCDI http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml, los cuales se detallan en (Klein y Zwiers, 2009). La tabla 1 resume las principales características de cada uno de los índices empleados en la investigación, los que comúnmente se utilizan en las investigaciones relacionadas sobre esta temática en Cuba (Burgos y González, 2012; Planos et al., 2013; González et al., 2017; Planos y Gutiérrez, 2020; Otero et al., 2021).

Tabla 1. Indicadores extremos para la detección del cambio climático empleados en la investigación. Elaboración propia a partir de (Klein y Zwiers, 2009).

ID	Nombre del indicador	Definición	Unidad
TR20	Noches tropicales	Número de días en un año con TN>20 °C	días
TN10p	Noches frías	Porcentaje de días TN<10th percentil	días
TX10p	Días fríos	Porcentaje de días cuando TX<10th percentil	días
TN90p	Noches cálidas	Porcentaje de días TN>90th percentil	días
TX90p	Días cálidos	Porcentaje de días cuando TX>90th percentil	días
WSDI	Indicador de la duración de periodos cálidos	Cantidad anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que TX>90th percentil	días
DTR	Rango diario de temperatura	Diferencia entre la media mensual de TX y TN	°C
CDD	Días secos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con RRR<1,0 mm	días
Rx5day	Máxima de precipitación en 5 días	Máximo de precipitación en 5 días consecutivos	mm
Rx100mm	Días con precipitación intensa	Número de días en un año en que la precipitación es igual o mayor que 100 mm	días
PRCPOT	Precipitación total anual en los días húmedos	Precipitación anual total en los días húmedos (RRR≥1,0 mm)	mm
R95p	Días muy húmedos	Precipitación anual total en que RRR>95 percentil	mm
SDII	Índice simple de intensidad diaria	Precipitación anual total dividida entre el número de días húmedos (definidos por RRR≥1,0 mm)	mm/día
CWD	Días húmedos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con RRR≥1,0 mm	días

El proceso de cálculo se realizó mediante el software R a través de su interfaz gráfica RStudio (R Core Team, 2023), consultándose diferentes manuales para el procesamiento de datos (Horton y Kleinman, 2015; Wickham y Grolemond, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Control de calidad y análisis de homogeneidad

El control de la calidad de los datos de la temperatura arrojó que para las tres estaciones meteorológicas empleadas se cumpliera el mismo (los valores de la temperatura pertenecen al intervalo comprendido en tres veces la desviación estándar por encima y por debajo de la media). Por su parte, para la precipitación se encontraron tres casos sospechosos superiores a 200 mm en Pinares de Mayarí, pero los mismos fueron verificados, estando asociados al paso de los huracanes Georges (1998), Ike (2008); así como el ocurrido el 6 de mayo de 1997, producto del flujo del S en superficie y del SW en niveles medios de la troposfera, este último identificado como uno de los tipos de situaciones sinópticas que provocan lluvias intensas en la provincia Holguín (Pérez et al., 2021).

El análisis relacionado con la independencia y estacionalidad, así como la homogeneidad y posible punto de cambio para TX, TN y RRR se muestra en la tabla 2. En la misma CORR (indica la correlación serial), TEND (tendencia) y PC (punto de cambio, con el posible año de ocurrencia), en tanto el signo +/- indica si la correlación y la tendencia son positivas o negativas respectivamente.

La prueba de homogeneidad para TN muestra que las series de La Jiquima y Cabo Lucrecia presentan tendencia creciente y estadísticamente significativa con un punto de cambio entre los años 1988-1989. En el caso TX, para las tres estaciones indica tendencia global significativa, con puntos de cambio estadísticamente significativos hacia los años 1987, 1993 y 1997 para 78371, 78362 y 78365 por ese orden. Por su parte, para RRR ninguno de los tres casos presentó cambios de homogeneidad en la serie de los acumulados anuales.

Por su parte, la correlación serial positiva de los valores de TX y TN para las tres estaciones meteorológicas (excepto para Pinares de Mayarí en TN) muestra que los datos anuales no son independientes y presentan correlación serial, lo cual parece estar relacionado con la tendencia creciente estadísticamente significativa que muestran estas series, con puntos de cambios igualmente con significación estadística.

Indicadores extremos de cambio climático

El análisis de la tendencia que se presenta está basado en la pendiente que muestra la salida de RCLimDex para cada uno de los índices empleados, a diferencia del epígrafe anterior donde se analizó el comportamiento a largo plazo de TX, TN y RRR, pero por intermedio de la prueba de Mann- Kendall.

Los cambios de los indicadores extremos utilizados, referidos a la precipitación, en ninguna de las tres estaciones meteorológicas empleadas resultaron estadísticamente significativa para el nivel de significación del 5%. De estos indicadores solamente Rx5day presenta el mismo signo de la pendiente en las tres zonas climáticas de la provincia. En el caso de R95p muestra que los días húmedos para La Jiquima y Pinares de Mayarí se incrementan a razón de 1,2-1,6 días/años; sin embargo, Rx100mm no presenta cambios apreciables. Por último, destaca PRCPOT para 78371 indicando un aumento de la precipitación total anual en los días húmedos como promedio de 2,5 casos/año.

Por su parte, en el caso de la temperatura los cambios sí son estadísticamente significativos para las tres regiones climáticas de la provincia, fundamentalmente, para la temperatura máxima. En este sentido, TX10p presenta tendencia negativa (1,0-1,4 días/década); en tanto TX90p y WSDI tendencia creciente (2,4-3,2 días/década y 2,3-2,9 días/década respectivamente), lo que indica explícitamente el incremento de los eventos cálidos en la provincia, tal y como fue descrito por (Pérez e Hidalgo, 2023), e indica a su vez homogeneidad en el cambio por décadas, independiente al tipo de zona

Tabla 2. Resumen de las pruebas utilizadas para el análisis de la independencia, estacionalidad y homogeneidad de las series de TX, TN y RRR en las estaciones meteorológicas (EM) de La Jiquima (78362), Cabo Lucrecia (78365) y Pinares de Mayarí (78371). En “negritas” se muestran los valores estadísticamente significativos para un nivel de significación del 5%, en tanto el símbolo “~” el orden del p_valor.

EM	Variab.	Wald-Wolfowitz		Mann-Kendall		Pettitt	
		Resumen	p_valor	Resumen	p_valor	Resumen	p_valor
78362	TX	CORR. (+)	~10 ⁻⁴	TEND. (+)	0,021	PC (1988)	0,047
	TN	CORR. (+)	~10 ⁻⁶	TEND. (+)	~10 ⁻⁹	PC (1993)	~10 ⁻⁶
	RRR	CORR. (-)	0,082	TEND. (-)	0,815	---	---
78365	TX	CORR. (+)	0,008	TEND. (+)	0,006	PC (1997)	0,022
	TN	CORR. (+)	~10 ⁻⁷	TEND. (+)	~10 ⁻⁹	PC (1989)	~10 ⁻⁶
	RRR	CORR. (+)	0,331	TEND. (+)	0,841	---	---
78371	TX	CORR. (+)	~10 ⁻⁴	TEND. (+)	~10 ⁻⁵	PC (1987)	0,004
	TN	CORR. (+)	0,020	TEND. (-)	0,616	---	---
	RRR	CORR. (+)	0,360	TEND. (+)	0,725	---	---

climática, lo que muestra el cambio global de esta variable en la provincia.

En el caso de TR20 destaca el incremento estadísticamente significativo en las zonas interior y costera, particularmente en la primera, donde la tendencia es a 12,8 días/década. Similares resultados muestran TN10p y TN90p, con valores que disminuyen y aumentan a razón de 1,3-1,9 días/década y 3,0-4,1 días/década respectivamente. En el caso de estos tres indicadores, la no correspondencia en la zona montañosa respecto a las otras dos zonas climáticas de la provincia, debe buscarse en el descenso de temperatura con la altura, tal como se muestra en (Planos y Gutiérrez, 2020) para la Gran Piedra, así como en la disminución de la cobertura nubosa, la cual a nivel de país disminuyó a razón de 1%/década durante el período 1976-2017 (Planos y Gutiérrez, 2020).

Por último, DTR mostró tendencias estadísticamente significativas opuestas para las zonas montañosas e interior, creciente para la primera a razón de 0,2 °C/década y decreciente para la segunda (0,1 °C/década), lo que refleja los resultados obtenidos por (Pérez e Hidalgo, 2023) para las temperaturas máximas y mínimas anuales. En el caso de Cabo Lucrecia, al estar ubicada en la zona costera la oscilación térmica no es marcada, lo que queda reflejado en el valor de DTR, el cual, aunque presenta un valor decreciente es muy poco significativo en magnitud; sin embargo, la probabilidad de que no haya cambio en este indicador es muy alta 0,83.

Los resultados de esta investigación muestran la misma tendencia estadísticamente significativa en TR20, TN10p, TN90p que las obtenidas por (Burgos y González, 2012; Planos y Gutiérrez, 2020). Sin embargo, existen diferencias en la significación del cambio para TX10p, Tx90p y WSDI para La Jíquima y Cabo Lucrecia respecto a (Planos y Gutiérrez, 2020) y (Burgos y González, 2012) respectivamente.

Las diferencias deben buscarse en las series de datos 1971-2009 (con norma climática 1971-2000) y

1980-2017 (con período base 1981-2010) empleadas por (Burgos y González, 2012; Planos y Gutiérrez, 2020), tomados en ese orden. En (Burgos y González, 2012) no se utiliza la segunda década del presente siglo, la cual según (Pérez e Hidalgo, 2023) ha sido la más cálida en la provincia Holguín; en tanto, (Planos y Gutiérrez, 2020) emplean como período base 1981-2010, que se caracterizó por ser muy cálido. No obstante, la investigación actual y las anteriormente citadas, coinciden en expresar que el clima de la provincia Holguín está transitando a ser más cálido.

Los indicadores extremos mostrados en la figura 2 indican, en el caso de WSDI, que los eventos cálidos se incrementaron en las tres zonas climáticas de la provincia a partir de la década de los '90 del siglo pasado, con mayor frecuencia en todas las regiones a partir de 2011 con valores entre 43-49%, del total de casos en el período 1971-2022. Por su parte, TX90p muestra, igualmente, un aumento de los años '90; mientras que, la media del período 2011-2022 duplica, en las tres estaciones meteorológicas utilizadas en este estudio, al valor normal de este indicador climático extremo correspondiente a la norma climática 1971-2000.

En la figura 3 se muestran los indicadores de cambio climático del máximo de precipitación en cinco días consecutivos y los días muy húmedos. Rx5day muestra un comportamiento creciente en las tres estaciones meteorológicas con aumentos a razón de 5,7 eventos/década; 0,7 eventos/década y 2,9 eventos/década para La Jíquima, Cabo Lucrecia y Pinares de Mayarí respectivamente. Por su parte, R95p indica un incremento entre 1,2-1,6 eventos/década para las zonas interior y montañosa, en tanto la región costera presenta una disminución del orden de 0,5 casos/década. Para ambos indicadores climáticos los resultados no resultaron estadísticamente significativos.

Tabla 3. Resumen de la tendencia de los indicadores extremos para la detección del cambio climático en las estaciones meteorológicas de La Jíquima (78362), Cabo Lucrecia (78365) y Pinares de Mayarí (78371). En "negritas" se muestran los valores estadísticamente significativos para un nivel de significación del 5%.

ID	78362		78365		78371	
	pendiente	p_valor	pendiente	p_valor	pendiente	p_valor
TR20	1,284	0,000	0,267	0,004	0,134	0,214
TN10p	-0,193	0,000	-0,131	0,000	0,071	0,216
TN90p	0,414	0,000	0,299	0,000	0,059	0,209
TX10p	-0,103	0,012	-0,136	0,007	-0,125	0,000
TX90p	0,240	0,000	0,305	0,000	0,315	0,000
WSDI	0,257	0,003	0,291	0,012	0,226	0,001
DTR	-0,011	0,013	-0,001	0,831	0,018	0,000
Rx5day	0,568	0,147	0,074	0,886	0,289	0,672
SDII	0,019	0,267	-0,035	0,125	0,028	0,126
Rx100mm	0,008	0,057	-0,005	0,284	0,000	0,993
CDD	-0,091	0,380	-0,135	0,194	0,001	0,993
CWD	-0,019	0,261	0,006	0,729	0,042	0,152
R95p	1,637	0,204	-0,055	0,967	1,244	0,524
PRCPOT	-0,859	0,687	0,070	0,927	2,500	0,373

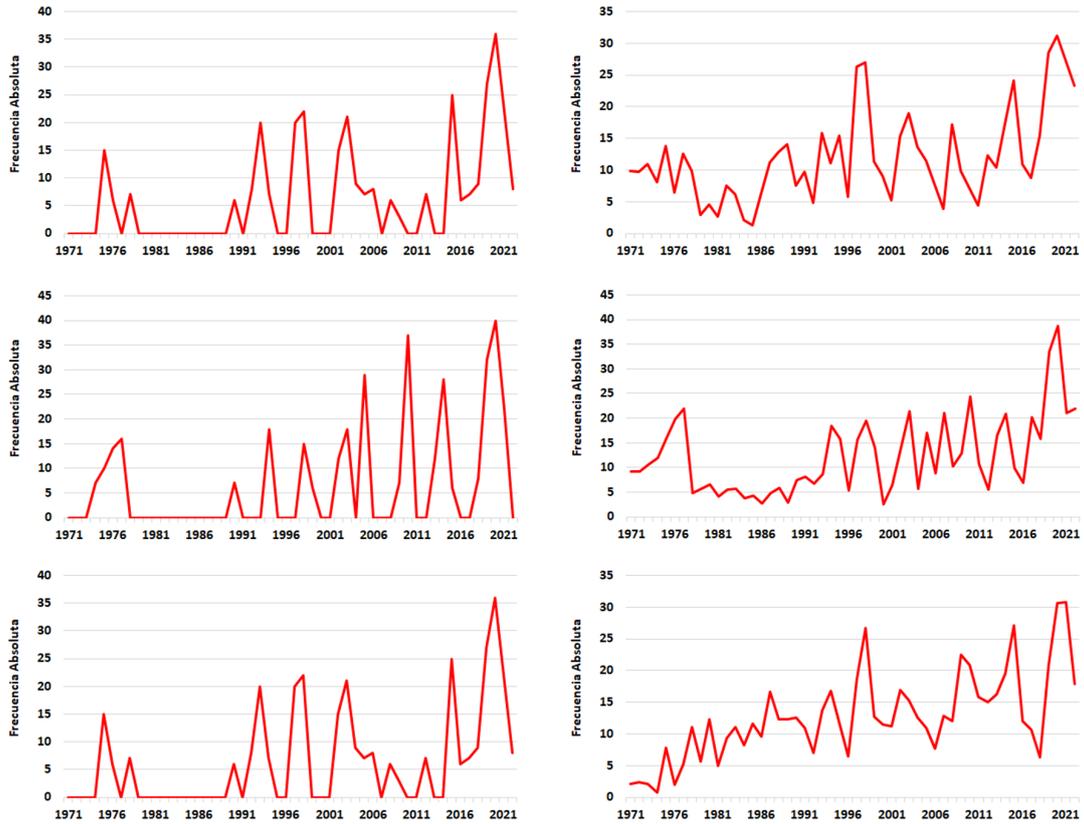


Figura 2. WSDI (columna izquierda) y TX90p (columna derecha) referidos a las estaciones meteorológicas de la Jiquima (fila superior), Cabo Lucrecia (fila central) y Pinares de Mayarí (fila inferior) el período 1971-2022.

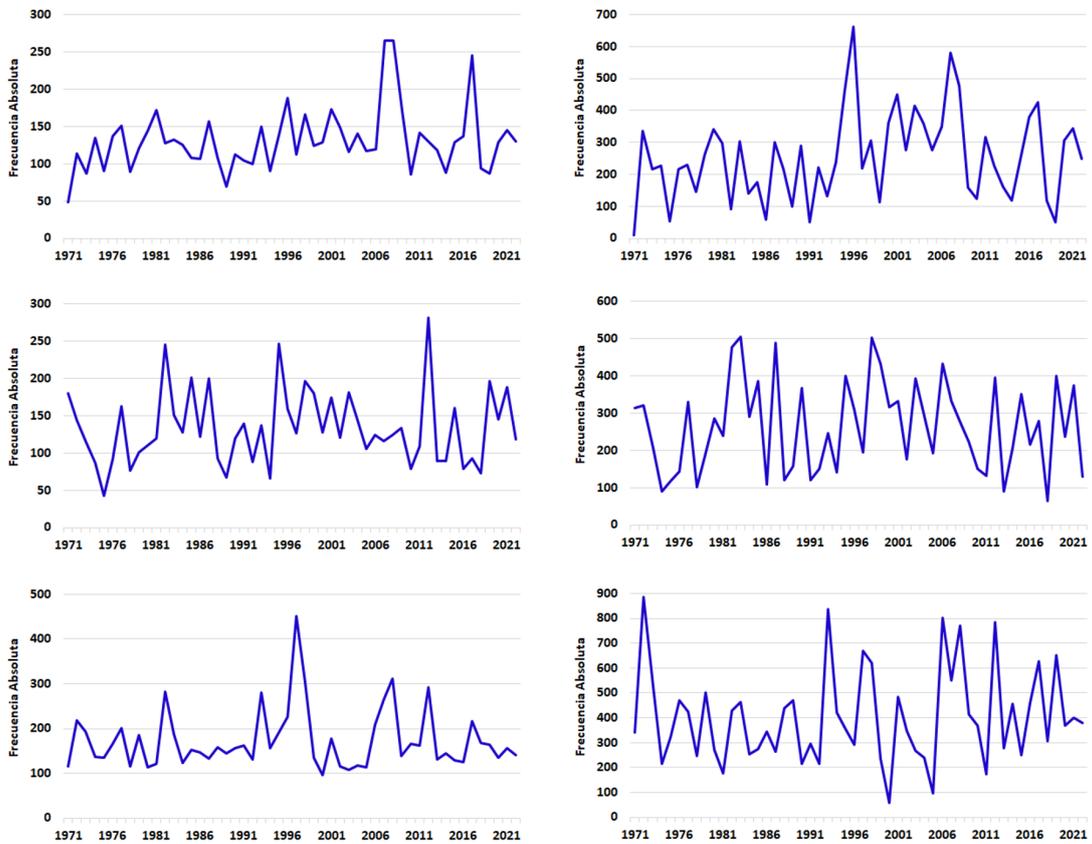


Figura 3. Rx5day (columna izquierda) y R95p (columna derecha) referidos a las estaciones meteorológicas de la Jiquima (fila superior), Cabo Lucrecia (fila central) y Pinares de Mayarí (fila inferior) el período 1971-2022.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados presentados y discutidos en este artículo, los autores arribaron a las siguientes conclusiones:

1. Los indicadores TX10p (disminución a razón de 1,0-1,4 días/década), TX90p (aumento a razón 2,4-3,2 días/década) y WSDI (incremento como promedio de 2,3-2,9 días/década) presentan cambios estadísticamente significativos en toda la provincia, lo que indica explícitamente el aumento de los eventos cálidos en el territorio. Por su parte, TN10p y TN90p para las zonas interior y costera, igualmente muestran cambios significativos, con pendientes de 1,3-1,9 días/década (negativa) y 3,0-4,1 días/década (positiva) por ese orden.
2. En el caso de la precipitación ninguno de los indicadores empleados mostró cambios estadísticamente significativos para el 5%, de los cuales solamente Rx5day presenta el mismo signo de la pendiente en las tres estaciones meteorológicas de la provincia. Por otro lado, R95p muestra que los días húmedos para La Jiquima y Pinares de Mayarí se han incrementado a razón de 1,2-1,6 días/años, aunque los días húmedos sólo se incrementan apreciablemente en esta última estación a razón de 2,5 casos/años.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Programa Territorial de Ciencia, Tecnología e Innovación “Impactos del cambio climático en Holguín” de la República de Cuba, por aprobar y financiar el proyecto “El clima de la provincia Holguín. Principales variaciones y tendencias” entre los años 2023-2024, en el marco del cual se obtuvieron los resultados que se presentan en el presente artículo científico. Los autores, además, desean agradecer a los revisores por sus recomendaciones y sugerencias, los que nos permitió mejorar la calidad del artículo científico.

REFERENCIAS

- Álvarez, O. 1992. “Sectores climáticos de Cuba. Aplicación del Método de Lang”. *Revista Cubana de Meteorología*, 5(2): 10–19.
- Asamblea Nacional del Poder Popular. 2019. *Constitución de la República de Cuba*. Gaceta Oficial No. 5 Extraordinaria, pp. 69–116.
- Asamblea Nacional del Poder Popular. 2023. *Ley 150/2022 Del Sistema de Recursos Naturales y el Medio Ambiente*. Gaceta Oficial No. 87 Ordinaria, pp. 2091–2140.
- Belmonte, M. L. 2017. “Índices de cambio climático en Anguil: tendencias del periodo 1961-2016”. *Revista Argentina de Agrometeorología*, 8: 29–42.
- Burgos, Y. y González, I. T. 2012. “Análisis de indicadores de extremos climáticos en la isla de Cuba”. *Revista de Climatología*, 12: 81–91.
- CITMA 2017. *Enfrentamiento al cambio climático en la República de Cuba (Tarea Vida)*. La Habana: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, p. 41.
- Consejo de Ministros. 2023. *Decreto 86/2023 “Del enfrentamiento al cambio climático”*. Gaceta Oficial No. 87 Ordinaria, pp. 2179–2193.
- González, I. T.; Barcia, S. y Hernández, D. 2017. “Comportamiento de Indicadores de extremos climáticos en la Isla de la Juventud”. *Revista Cubana de Meteorología*, 23(2): 217–225.
- González, C.; García, A.; Velázquez, B.; Gómez, D.; Martínez, M.; González, I.; Cutié, V.; Vázquez, R.; Pérez, R.; Mitrani, I.; Hidalgo, A.; Cabrales, J.; Leyva, L. y González, E. 2024. “Estado del Clima en Cuba 2023. Resumen ampliado”. *Revista Cubana de Meteorología*, 30(1): 1–16.
- Horton, N., J. and Kleinman, K. 2015. *Using R and RStudio for Data Management, Statistical Analysis, and Graphics*. Second Edition ed., Boca Raton, US: Taylor & Francis Group, 253 p., ISBN: 978-1-4822-3737-5.
- IPCC 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 1535 p., ISBN: 978-1-107-66182-0, Available: <https://www.ipcc.ch>, [Consulted: April 22, 2023].
- IPCC 2021. *Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 2391 p., Available: <https://www.ipcc.ch>, [Consulted: April 22, 2023].
- Klein, A., M. G.; Zwiers, F. W. and Zhang, X. 2009. *Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation*. (no. ser. WMO-TD No. 1500), Geneva: World Meteorological Organization, 52 p.
- Ministerio de Economía y Planificación 2019. *Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el año 2030 (PNDES 2030)*. La Habana: Ministerio de Economía y Planificación, p. 45.
- Ocampo, O. L.; Vélez, J. J.; Forero, T. & Martín, J. P. 2020. “Análisis de tendencias climáticas con RCLimindex en el departamento de Caldas, Colombia”. *Scientia et Technica*, 25(2): 595–603.
- OMM. 2024. *Los indicadores del cambio climático alcanzaron niveles sin precedentes en 2023: OMM*. Organización Meteorológica Mundial, Disponible: <https://wmo.int/es/news/media-centre/los-indicadores-del-cambio-climatico-alcanzaron-niveles-sin-precedentes-en-2023-omm>, [Consultado: Abril 15, 2024].

- ONEI 2023. *Anuario Estadístico de Holguín 2022*. Edición 2023 ed., Holguín, Cuba: Oficina Nacional de Estadística e Información, provincia Holguín, 170 p., Available: <<https://www.onei.gob.cu/sites/default/files/publicaciones/2023-12/anuario-provincial-holguin-2022-edicion-2023.pdf>>, [Consulted: December 16, 2023].
- ONU 2015. *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Nueva York: Asamblea General de las Naciones Unidas, p. 40, Available: <<https://undocs.org/A/RES/70/1>>, [Consulted: February 18, 2019].
- Otero, M.; Machado, A.; Barcia, S. y Socarrás, J. 2021. “Indicadores de extremos climáticos en Sagua la Grande, Villa Clara, Cuba”. *Revista de Climatología*, 21: 45–51
- PCC 2021. *Lineamientos de Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el periodo 2021-2026*. La Habana: Comité Central del Partido Comunista de Cuba, 85 p.
- Peel, M. C.; Finlayson, B. L. and McMahon, T. A. 2007. “Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification”. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 4(2): 439–473.
- Pérez, G. e Hidalgo, A. 2016. “Regionalización climática de la provincia de Holguín”. *Revista Cubana de Meteorología*, 22(1): 39–48.
- Pérez, G.; Hidalgo, A. y Hernández, E. B. 2021. “Procedimiento para los servicios científico técnicos especializados de peligro por lluvias intensas”. *Revista Ciencias-Holguín*, 27(2): 28–40.
- Pérez, G. e Hidalgo, A. 2023. “Principales variaciones de los regímenes de temperatura y precipitación en la provincia Holguín. Período 1972-2020”. *Revista Cubana de Meteorología*, 29(4): 1–6.
- Planos, E. O.; Rivero, R. y 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. y 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.
- Pohlert, T. 2023. *Trend: Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection*. Available: <https://CRAN.R-project.org/package=trend>.
- R Core Team. 2023. *R: A language and environment for statistical computing*. [Linux], Vienna, Austria, The R Foundation for Statistical Computing, Available: <https://www.R-project.org/>.
- Roura, P.; Arenas, J. C.; Sistachs, V. & Díaz, dalia 2020. “TrendSoft: Software para el análisis de tendencia y puntos de cambio de variables climatológicas”. *Revista Cubana de Meteorología*, 26(3): 1–16.
- Sneyers, R. 1990. *On the statistical analysis of series of observation*. Geneva: World Meteorological Organization, 192 p., ISBN: 92-63-10415-8.
- Silva, R.; De Lima, R. F. y Costa, C. A. 2015. “Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos”. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 30(2): 171–180.
- Velasco, M. A.; Morales, T.; Estrella, N. G.; Díaz, R.; Juárez, J. P.; Hernández, M. y Bernal, R. 2015. “Tendencias y variabilidad de índices de cambio climático: enfoque agrícola en dos regiones de México”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(7): 1587–1599.
- Wickham, H. and Grommund, G. 2016. *R for Data Science*. First Edition ed., Sebastopol, CA, USA: O’Reilly Media, Inc, 492 p., ISBN: 978-1-4919-1039-9.
- Zhang, X. and Feng, Y. 2004. “RClimDex (1.0) User Manual”. Available: <https://acmad.net/rcc/procedure/RClimDexUserManual.pdf>, [Consulted: December 15, 2023].