

Las temperaturas extremas de la temporada invernal en la región occidental de Cuba en el período 1981-2016

Laura Gil, Idelmis González y Dunia Hernández

Centro del Clima, Instituto de Meteorología, Cuba <laura.gil@insmet.cu>

(Recibido: 17-Ene-2019. Publicado: 07-Mar-2019)

Resumen

El invierno cubano tiene una mayor representación en el occidente, los estudios que se han realizado para caracterizarlo y determinar su duración, son escasos y anteriores al año 2000. En los últimos años se han detectado cambios en el clima de nuestro país, en el campo de las temperaturas, por lo que se hace necesario actualizar la información al respecto. Para ello, la presente investigación tiene como objetivo general analizar la temporada invernal, teniendo en cuenta las temperaturas extremas en la región occidental de Cuba en el período 1981-2016, además de determinar las fechas de inicio y fin de la temporada invernal. Se emplearon métodos estadísticos como el diagrama de cajas y bigotes y el análisis de clúster para estudiar el comportamiento de las variables; se empleó el método complejo de análisis de las temperaturas extremas y se creó un nuevo indicador para determinar las fechas de inicio y fin de la temporada invernal. Como resultados principales se obtuvo que el invierno se caracteriza por días confortables o frescos; habitualmente se extiende de noviembre a marzo, aunque en los últimos años la duración media es de dos a tres meses.

Palabras clave: Temporada invernal, Cuba, temperaturas extremas.

Abstract

In Cuba the winter has a greater representation in the West, the studies that have been carried out to characterize it and determine its duration are scarce and prior to the year 2000. In recent years, changes have been detected in the climate of our country, in the field of temperatures, so it is necessary to update the information in this regard. Thus, the present investigation has like general objective to analyze the winter season, taking into account the extreme temperatures in the western region of Cuba in the period 1981- 2016, besides to determine beginning and end dates of the winter season. Statistical methods such as boxplots and cluster analysis were used to study the behavior of the variables; the complex method of analysis of extreme temperatures was used and a new indicator was created to determine the start and end dates of the winter season. The main results were that winter is characterized by comfortable or fresh days; it usually extends from November to March, although in recent years the average duration is two to three months.

Key words: Winter, Cuba, extreme temperatures.

1. Introducción

El invierno es la época del año en la cual se reportan los valores más bajos de temperatura y la menor cantidad de horas de luz solar. En la zona tropical las estaciones astronómicas, definidas por los solsticios y equinoccios (primavera, verano, otoño e invierno), no definen bien la evolución del tiempo a lo largo del año (Guardiola, 1974); entonces se distinguen dos períodos, uno lluvioso y otro poco lluvioso.

En Cuba el período lluvioso comprende los meses de mayo a octubre y el poco lluvioso se extiende de noviembre a abril, sin embargo, es importante definir las estaciones térmicas en el año pues estas son de gran interés para diferentes esferas aplicadas como la salud humana, el turismo, y la agricultura.

Un análisis detallado del régimen térmico cubano, donde se empleó el método complejo de análisis de las temperaturas extremas, determinó la duración de los períodos térmicos principales en todo el país. Se distingue en el invierno el predominio de días frescos o fríos y días muy fríos, con máximas inferiores a 30.0°C y mínimas con valor entre 10.1 y 20.0°C ; este período tiene una duración en la región occidental de 2 a 6 meses, de acuerdo a las características físico-geográficas locales (Lecha *et al.*, 1994). En los últimos años se ha manifestado un incremento en la temperatura del aire a nivel mundial (OMM, 2016). Los nueve años más cálidos jamás registrados se han dado a partir de 2005 y los cinco más cálidos de todos ellos a partir de 2010. La temperatura media del quinquenio 2013-2017, en el que se dio una anomalía positiva de $0,4^{\circ}\text{C}$ con respecto a la media del período 1981-2010, es también la más elevada jamás registrada para un quinquenio (OMM, 2018). En Cuba se ha observado también una tendencia hacia un clima más cálido, la cual está fuertemente condicionada por el incremento de los valores de temperatura mínima, y si bien este proceso se puede apreciar en todos los meses del año, aquellos que conforman el trimestre noviembre-enero son los de mayor aporte (Centella *et al.*, 1997; Planos *et al.*, 2013).

Lo anteriormente expuesto indica que en la temporada invernal las temperaturas extremas manifiestan fluctuaciones o cambios considerables, sobre todo en los últimos años. Debido a ello se hace necesario actualizar la información relacionada con las características térmicas del invierno cubano. El presente estudio tiene como objetivo analizar la temporada invernal, teniendo en cuenta las temperaturas extremas en la región occidental de Cuba en el período 1981-2016.

2. Metodología

El área seleccionada para el análisis comprende la región occidental de Cuba, pues es la más afectada por los frentes fríos. Estos sistemas alteran el régimen térmico, provocando una disminución de las temperaturas extremas (González y Pila, 2018).

Se emplearon 19 de las 27 estaciones meteorológicas convencionales activas de la región (figura 1), seleccionadas de acuerdo a lo planteado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en la Guía de prácticas climatológicas (OMM, 2011), sobre datos faltantes. Se eligieron las que poseían las series de datos más largas.

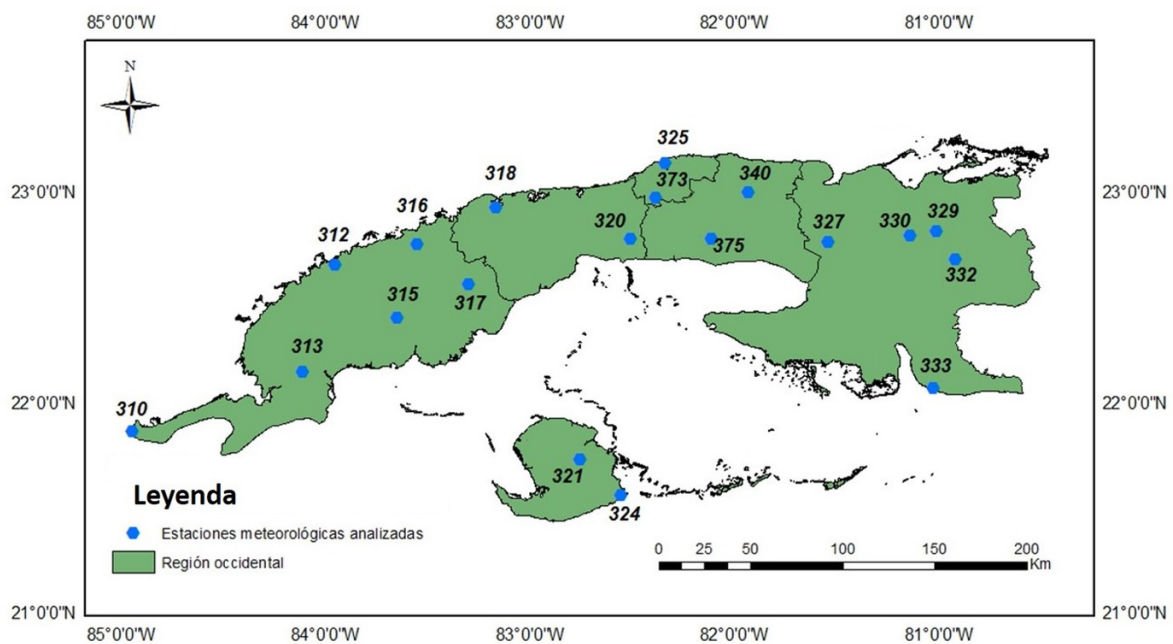


Fig. 1: Localización de las estaciones meteorológicas de la región occidental de Cuba.

Se emplearon los datos diarios de temperaturas máximas (TX) y mínimas (TN), expresados en °C, de las temporadas invernales 1981-1982 a 2015-2016; fue utilizada la norma climatológica 1981-2010 (OMM, 2017). Se incluyeron, además del período noviembre-abril, los meses octubre y mayo para analizar el comportamiento de las temperaturas extremas en estos meses. Los datos se obtuvieron de la base de datos del Centro del Clima.

Conocer la variabilidad estacional de las temperaturas extremas fue el primer paso del análisis. Para ello fueron empleados diagramas de cajas y bigotes. Luego se analizó la variabilidad espacial en la región mediante el análisis de cluster, el cual es un método multivariado de análisis por agrupación (Wilks, 2011). Para realizar dichos análisis y los gráficos se utilizó el software STATISTICA 7.0, mientras que el mapa de las estaciones se realizó con ArcGIS 10.0.

Por último, se analizó el comportamiento del régimen térmico teniendo en cuenta complejo de temperaturas máximas-mínimas empleado por Lecha y Florido (1989). La metodología empleada por Lecha *et al.* (1994) para tipificar el régimen térmico fue modificada de forma que representara mejor los valores extremos de la región occidental en la temporada invernal. Los intervalos más frecuentes, dentro de los cuales fluctuaban los máximos y mínimos diarios de la temperatura del aire, a los cuales se les llama intervalos de interconexión, se determinaron a partir de los percentiles 5, 30, 50, 70 y 95. Una vez determinados dichos intervalos, fue realizada la tabla 1, donde las letras corresponden a los intervalos de temperatura mínima y los números identifican los diferentes intervalos de temperatura máxima. Luego se ordenaron en forma decreciente, según las frecuencias de cada uno de ellos para los diferentes puntos del área de estudio. Como el total de intervalos obtenido en cada estación es considerable, y muchos de ellos indican una frecuencia de ocurrencia baja, se consideraron sólo los casos con frecuencia relativa superior al 10%. Al modificar la metodología, se modificaron también las categorías térmicas, estas quedaron constituidas de la siguiente forma:

a) Días muy cálidos (MC), identificados por la ocurrencia simultánea de temperaturas máximas iguales o superiores a 29.0°C y mínimas iguales o superiores a 21.0°C ($TX \geq 29.0^\circ\text{C}$; $TN \geq 21.0^\circ\text{C}$). Los intervalos que se encuentran dentro de esta categoría son: A4, A5, A6, B4, B5 y B6.

b) Días cálidos con marcada oscilación térmica (CMOT), identificados por la ocurrencia simultánea de temperaturas máximas iguales o superiores a 29.0°C y mínimas entre 12.0°C y 20.9°C ($TX \geq 29.0^\circ\text{C}$; $12.0^\circ\text{C} \leq TN \leq 20.9^\circ\text{C}$). Dentro de esta clasificación se encuentran: C4, C5, C6, D4, D5, D6, E4, E5 y E6.

c) Días cálidos con pequeña oscilación térmica (CPOT), que se identifican por la ocurrencia simultánea de máximas entre 24.0°C y 28.9°C y mínimas entre 21.0°C y 28.9°C ($24.0^\circ\text{C} \leq TX \leq 28.9^\circ\text{C}$; $21.0^\circ\text{C} \leq TN \leq 28.9^\circ\text{C}$). Componen esta categoría: A2, A3, B2 y B3.

d) Días confortables o frescos (CF), identificados por la ocurrencia simultánea de temperaturas máximas entre 24.0°C y 28.9°C mientras las mínimas se ubican en el intervalo de 12.0°C a 20.9°C ($24.0^\circ\text{C} \leq TX \leq 28.9^\circ\text{C}$; $12.0^\circ\text{C} \leq TN \leq 20.9^\circ\text{C}$). C2, C3, D2, D3, E2, y E3 están en esta clasificación.

e) Días fríos y muy fríos (FMF), identificados por la ocurrencia de temperaturas máximas inferiores a 24.0°C o temperaturas mínimas inferiores a 12.0°C, o ambas condiciones ($TX < 24.0^\circ\text{C}$; $TN < 12.0^\circ\text{C}$). Los intervalos que se encuentran dentro de esta categoría son: A1, B1, C1, D1, E1, F1, F2, F3, F4, F5 y F6.

Tabla 1: Contingencia para el análisis del complejo máxima-mínima en la región occidental de Cuba.

Temperaturas Mínimas Diarias (°C)	Temperaturas Máximas Diarias (°C)					
	< 24.0	24.0-27.9	28.0-28.9	29.0-30.9	31.0-32.9	≥ 33.0
≥ 23.0	A1	A2	A3	A4	A5	A6
21.0-22.9	B1	B2	B3	B4	B5	B6
19.0-20.9	C1	C2	C3	C4	C5	C6
17.0-18.9	D1	D2	D3	D4	D5	D6
12.0-16.9	E1	E2	E3	E4	E5	E6
< 12.0	F1	F2	F3	F4	F5	F6

Para determinar las fechas de inicio y fin de la temporada invernal se empleó parte de la metodología desarrollada por Lecha *et al.* (1994), combinada con lo planteado por el Equipo de Expertos en Detección e Indicadores de Cambio Climático (ETCCDI, por sus siglas en inglés) para el establecimiento de período fríos (Zhang *et al.*, 2011).

Al modificar los intervalos de interconexión, se modificó el rango de oscilación de las temperaturas extremas establecido por Lecha *et al.* (1994) para definir el invierno. Se tomaron entonces las temperaturas máximas inferiores a 29.0°C y las mínimas inferiores a 21.0°C.

Para el cálculo del indicador de extremo climático de la duración de períodos fríos, se cuenta anualmente la cantidad de días con, por lo menos, 6 días consecutivos en los que la temperatura mínima es inferior al décimo percentil (WMO, 2009).

Para establecer entonces las fechas de inicio y fin del invierno cubano, se determinó el primer y último días respectivamente, por temporada invernal, con por lo menos seis días consecutivos en los que simultáneamente la temperatura máxima fuera inferior a 29.0°C y la mínima fuese menor de 21.0°C.

Para realizar este procedimiento fue elaborado un programa en el lenguaje de programación Python. El programa ofrece el primer y último días, en cada temporada invernal, en los que se cumplen estas condiciones para cada estación meteorológica; esto permite calcular la duración del invierno en todas las estaciones meteorológicas para todos los años.

3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización de los valores extremos de la temperatura del aire

El mínimo mensual de temperatura mínima en el período 1981-2010 tiene lugar en los meses enero y febrero, en correspondencia con lo planteado por Lecha *et al.* (1994).

En el mes de enero se registraron los valores más bajos (figura 2a) y en abril los mayores (figura 2b). Además, abril fue el que mostró un comportamiento más homogéneo espacialmente pues el rango intercuartílico es menor. Al comparar el mes de abril con noviembre se pudo apreciar gran similitud, estos son los meses donde la temperatura mínima alcanza valores superiores, sin embargo, los valores inferiores son más pronunciados en noviembre, sin descartar la ocurrencia de valores anómalos en abril, debido a la entrada de frentes fríos. Los valores inferiores fueron encontrados en las estaciones meteorológicas del interior y los superiores en las estaciones cercanas a las costas.

Estos resultados, a la vez que muestran las diferencias en la temperatura mínima para cada mes de la temporada invernal, evidencian similitudes en la variación espacial de dicho elemento. Para corroborar esto, se procedió a realizar un análisis de clúster (figura 3). Se distinguen dos grupos fundamentales: estaciones del interior y estaciones costeras.

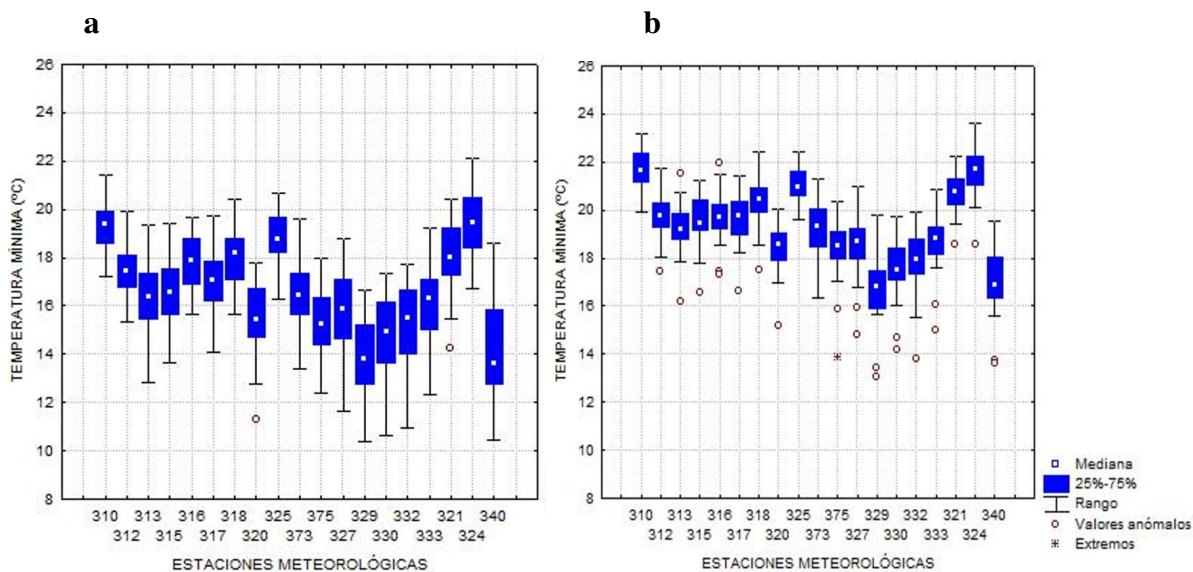


Fig. 2: Temperatura mínima en enero (a) y abril (b).

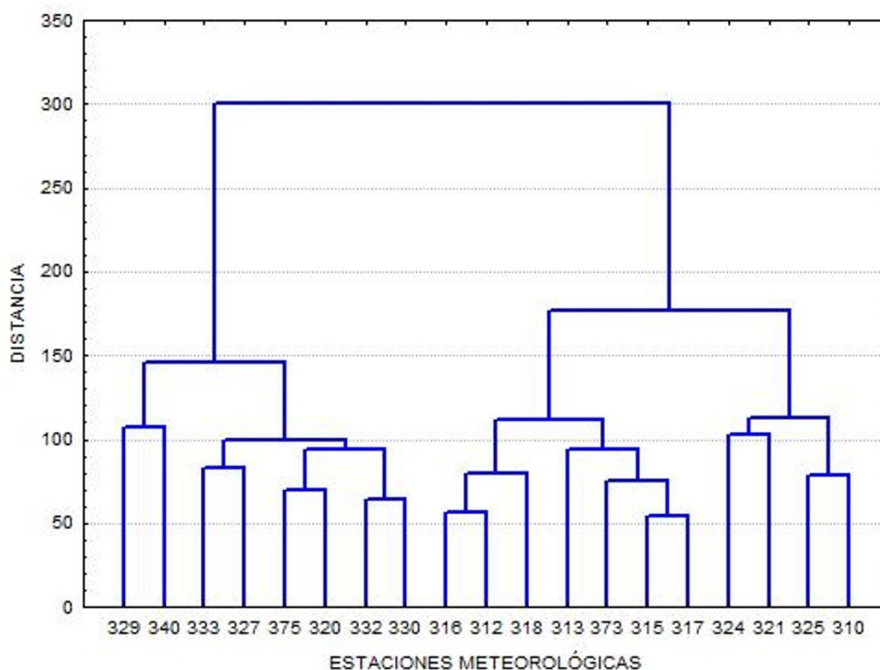


Fig. 3: Dendrograma correspondiente a la temperatura mínima, de las estaciones meteorológicas seleccionadas.

Al igual que la temperatura mínima, la temperatura máxima alcanza los registros inferiores en el mes de enero, por lo cual, este es el mes más frío al poseer los mínimos registros, tanto de temperatura mínima como temperatura máxima. En diciembre se aprecia una mayor homogeneidad espacial, en comparación con el resto de los meses, hay una menor variación y el rango intercuartílico es menor. El mes de abril es en el que se producen los registros superiores de temperatura máxima.

En el análisis de la temperatura máxima, los resultados también muestran similitudes en el comportamiento espacial, lo cual se pudo apreciar mejor al realizar el análisis de clúster (figura 4). Se observan 4 grupos fundamentales: Interior de Matanzas, Costa Norte, Interior y Sur y Costa Sur.

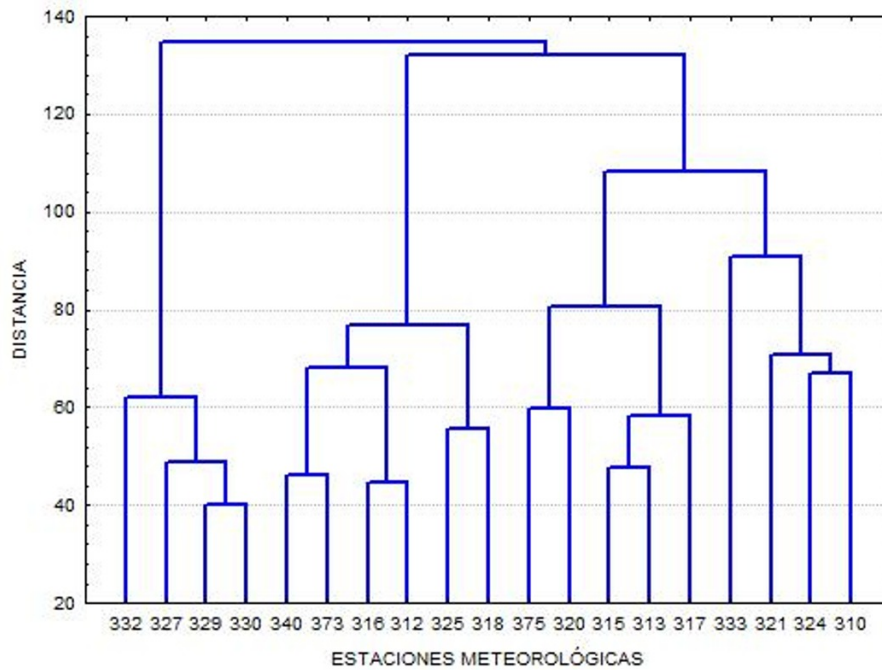


Fig. 4: Dendrograma correspondiente a la temperatura máxima, de las estaciones meteorológicas seleccionadas.

En la figura 5 se presenta la comparación entre la norma climatológica y condiciones actuales en cuanto a las temperaturas mínima (figura 5a) y máxima (figura 5b).

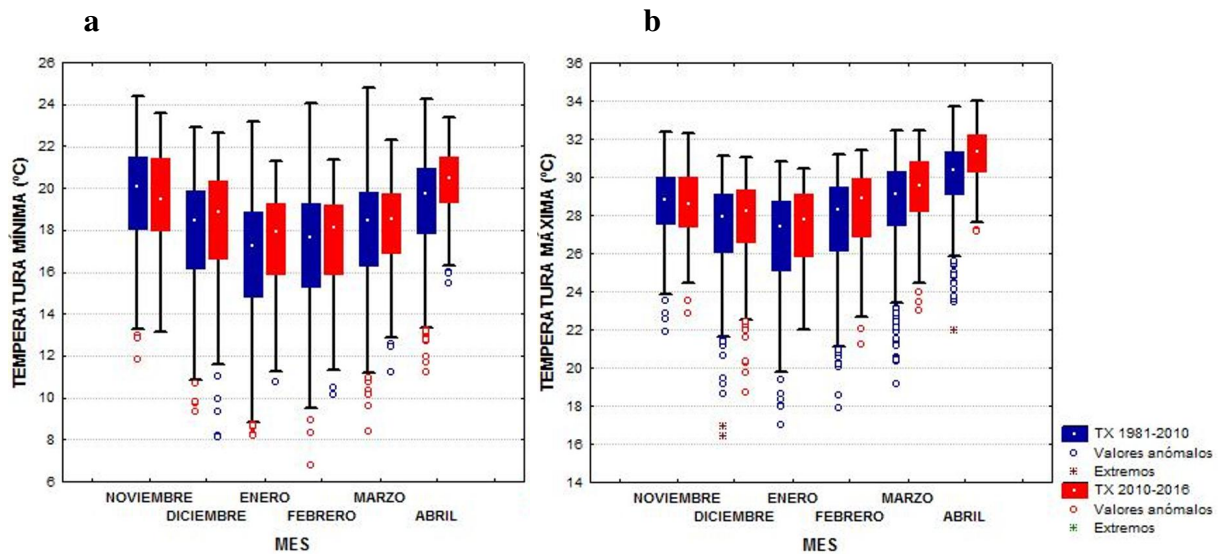


Fig. 5: Comparación de la temperatura promedio en cada uno de los meses de la temporada invernal entre la norma climatológica (azul) y condiciones actuales (rojo): temperatura mínima (a), temperatura máxima (b).

En el análisis de la temperatura mínima, en la norma climatológica, se presentan valores más extremos. En la mayoría de los meses de las condiciones actuales, los valores extremos inferiores son mayores a los de la norma climatológica, solo en noviembre no ocurre esto. En los meses diciembre, enero y abril el 50% de las temperaturas alcanzan registros superiores.

En el caso de la temperatura máxima, ocurre similar a la temperatura mínima pues, en las condiciones actuales alcanza valores superiores a los del período norma, excepto en noviembre, donde es ligeramente

inferior. Se puede apreciar también una menor variabilidad en las condiciones actuales, pues el rango intercuartílico es menor. Además, se observa que no son alcanzados valores tan bajos como en el caso de la norma. En las condiciones actuales, tanto el comportamiento de la mínima como el de la máxima es hacia condiciones más cálidas, en concordancia con las tendencias que se observan en estudios anteriores (Planos *et al.*, 2013) y con los resultados derivados del análisis de indicadores de extremos climáticos derivados de las temperaturas extremas a nivel global (Peterson *et al.*, 2002; Alexander *et al.*, 2006; Vincent *et al.*, 2011; Stephenson *et al.*, 2014) y nacional (Burgos y González, 2012; González *et al.*, 2017).

3.2. Complejo Máxima-Mínima

Cuando se realizó el análisis de las distribuciones del complejo máxima-mínima en las estaciones meteorológicas se obtuvieron 9 intervalos con una frecuencia de ocurrencia por encima del 10%. Estos intervalos fueron ordenados en forma decreciente como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2: Intervalos de interconexión más frecuentes ordenados en forma decreciente, con sus respectivas categorías térmicas.

Intervalo de interconexión	Categoría térmica
E2	Confortables o frescos
C4	Cálidos con marcada oscilación térmica
C2	Confortables o frescos
B4	Muy cálidos
E4	Cálidos con marcada oscilación térmica
B2	Cálidos con pequeña oscilación térmica
A4	Muy cálidos
D4	Cálidos con marcada oscilación térmica
D2	Confortables o frescos

El más frecuente es el E2, correspondiente a la categoría térmica de días confortables o frescos, identificado por la ocurrencia simultánea de temperaturas máximas entre 24.0 y 27.9°C, mientras las mínimas se ubican en el intervalo de 12.0-16.9°C.

Las temperaturas máximas más frecuentes son las de tipo 4, que se encuentran en el intervalo 29.0-30.9°C, las cuales son altas, considerando que se está estudiando la temporada invernal.

El intervalo A1, que se caracteriza por temperaturas mínimas superiores o iguales a 23.0°C y máximas inferiores a 24.0°C, no tiene representación en ninguna de las estaciones. El intervalo de menor frecuencia de ocurrencia fue el F5, caracterizado por mínimas inferiores a 12.0°C y máximas entre 31.0°C y 32.9°C; este se incluye en la categoría térmica de días fríos y muy fríos.

La figura 6 muestra la distribución mensual de las categorías térmicas identificadas, donde se puede apreciar que, en la norma climatológica (figura 6a), en los meses de noviembre a febrero predominan los días confortables o frescos, donde diciembre y febrero poseen comportamientos similares. En marzo y abril predominan los días cálidos con marcada oscilación térmica.

Al comparar este comportamiento con las condiciones actuales (figura 6b), se pudo apreciar que, al igual que en el período norma, en los meses de noviembre a enero, predominan los días confortables o frescos, sin embargo, en febrero prevalecen los días cálidos con marcada oscilación térmica, al igual que en marzo y abril.

La diferencia más notable es la gran reducción que se produce en los días fríos y muy fríos en el mes de abril, debido al incremento de los días muy cálidos.

Es importante destacar también la disminución en todos los meses de los días confortables o frescos debido al incremento de los días cálidos con marcada oscilación térmica y los días muy cálidos, excepto en el mes de noviembre.

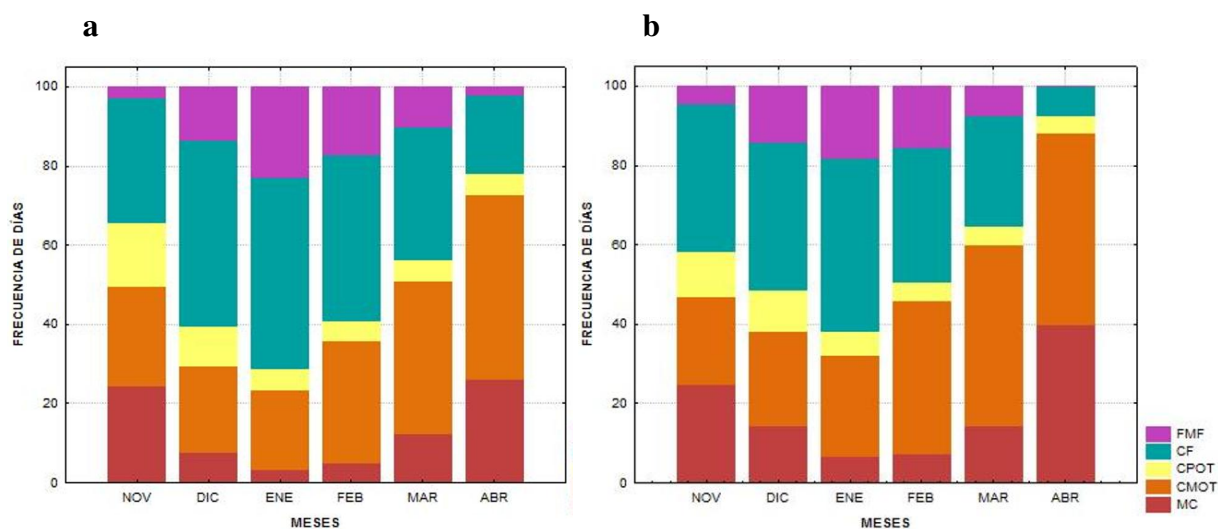


Fig. 6: Representación gráfica del porcentaje de días con cada categoría térmica en los diferentes meses de la temporada invernal en: la norma climatológica (a) y condiciones actuales (b).

3.3. Fechas de inicio y fin de la temporada invernal

Los resultados obtenidos indican que la extensión más frecuente de la temporada invernal es de noviembre a marzo. En todas las estaciones, en al menos una temporada, se dio el caso en el que el inicio se produjo en octubre. Lo mismo ocurrió con el mes de mayo para el fin de temporada, en particular, en la temporada 1991-1992. En la estación meteorológica de Bainoa se observó una mayor representación de la temporada invernal, en comparación con el resto de estaciones. Esta estación es precisamente en la cual se observó el récord nacional de temperatura mínima el 18 de febrero de 1996 (0.6°C) (Rivero et al., 2015).

En las temporadas 2010-2011 a 2015-2016, la extensión media es de 2 a 3 meses, generalmente de noviembre a febrero. El invierno 2012-2013 fue el de mayor duración en casi todas las estaciones, extendiéndose desde octubre hasta marzo, aunque no se descarta la existencia de otras temporadas más largas. La temporada más corta fue la 2013-2014, la cual comenzó y terminó en enero en la mayoría de las estaciones meteorológicas.

4. Conclusiones

Las temporadas invernales comprendidas en el período 1981-2010 se caracterizaron por temperaturas mínimas entre 13.0 y 22.0°C y máximas en el intervalo de 26.0 a 32.0°C . El mes de enero es el más frío, mientras que abril es el menos frío. Al estudiar las condiciones actuales, es observado un incremento en las temperaturas máximas y mínimas medias de todas las estaciones.

La categoría térmica más frecuente de la temporada invernal es la de días confortables o frescos; en las últimas temporadas se ha observado una disminución en la cantidad de días con estas características, excepto en el mes de noviembre, donde han aumentado.

En las condiciones actuales se aprecia un aumento de los días muy cálidos en todos los meses y una disminución de los días fríos y muy fríos en los meses de enero a abril, sobre todo en este último mes.

En la mayoría de las estaciones analizadas, la temporada invernal se extiende desde noviembre hasta marzo. En las condiciones actuales, la duración media es de 2 a 3 meses, generalmente de noviembre a febrero.

Bibliografía

- Alexander LV, Zhang X, Peterson TC, Caesar J, Gleason B, Klein AM, ..., Vazquez-Aguirre JL (2006): Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*, 111(D5). <https://doi.org/10.1029/2005JD006290>
- Burgos Y, González I (2012): Análisis de indicadores de extremos climáticos en la isla de Cuba. *Revista de Climatología*, 12:81-91.
- Centella A, Naranjo L, Paz L (Eds.) (1997): *Variaciones y cambios del Clima en Cuba*. Academia de Ciencias, La Habana, Cuba.
- González C, Pila E (2018): Breve resumen de la temporada invernal 2016-2017. *Revista Cubana de Meteorología*, 24:128-135.
- González I, Barcia S, Hernandez D (2017): Comportamiento de Indicadores de extremos climáticos en la Isla de la Juventud. *Revista Cubana de Meteorología*, 23:217-225.
- Guardiola J (1974): *Curso de climatología*. Organismos, La Habana, Cuba.
- Lecha LB, Florido AT (1989): Tipificación del régimen térmico del aire en Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 2:34-41.
- Lecha LB, Paz LR, Lapinel B (1994): *El Clima de Cuba*. La Habana, Cuba: Academia.
- OMM (2011): *Guía de prácticas climatológicas* (3ª ed.). Ginebra, Suiza.
- OMM (2016): *Estado del clima mundial en 2011-2015*. Ginebra, Suiza.
- OMM (2017): *Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climáticas*. Ginebra, Suiza.
- OMM (2018): *Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2017*. Ginebra, Suiza.
- Peterson TC, Taylor MA, Demeritte R, Duncombe DL, Burton S, Thompson F, ..., Gleason B (2002): Recent changes in climate extremes in the Caribbean region. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 107(D21), ACL 16-1-ACL 16-9. <https://doi.org/10.1029/2002JD002251>
- Planos E, Rivero R, Guevara V (Eds.) (2013): *Impacto del Cambio Climático y medidas de adaptación en Cuba* (1ª ed.). AMA, La Habana, Cuba.
- Rivero O, Boquet AD, ..., Guevara AV (2015): *República de Cuba. Segunda comunicación nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba.
- Stephenson TS, Vincent LA, Allen T, Van Meerbeeck CJ, McLean N, Peterson TC, ..., Trotman AR (2014): Changes in extreme temperature and precipitation in the Caribbean region, 1961-2010. *International Journal of Climatology*, 34:2957-2971. <https://doi.org/10.1002/joc.3889>
- Vincent LA, Aguilar E, Saindou M, Hassane AF, Jumaux G, Roy D, ... Montfraix B (2011): Observed trends in indices of daily and extreme temperature and precipitation for the countries of the western Indian Ocean, 1961-2008. *Journal of Geophysical Research*, 116(D10). <https://doi.org/10.1029/2010JD015303>
- Wilks DS (2011): *Statistical methods in the atmospheric sciences* (3ª ed.). Amsterdam: Elsevier/Acad. Press.

WMO (2009): *Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation*. Ginebra, Suiza.

Zhang X, Alexander L, Hegerl G, Jones P, Klein-Tank A, Peterson TC, Trewin B, Zwiers FW (2011): Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *Wiley Interdisciplinary Reviews – Climate Change*. <https://doi:10.1002/wcc.147>