

# Extremos climáticos de temperatura y su relación con patrones atmosféricos de teleconexión durante el invierno

## Temperature climate extremes and their relationship with atmospheric teleconnection patterns during the winter



<https://eqrcode.co/a/03yfcN>

Laura Gil-Reyes <sup>1\*</sup>, Idelmis González-García <sup>1</sup>, Dunia Hernández-González <sup>1</sup>,  
Magela Álvarez-Guerrero <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba

<sup>2</sup>Centro Meteorológico Provincial de Camagüey, Camagüey, Cuba

**RESUMEN:** La presente investigación tiene como objetivo general estudiar los cambios observados en los indicadores de extremos climáticos derivados de temperaturas extremas invernales en el período 1981-2016 en el occidente de Cuba y determinar la influencia que ejercen El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), la Oscilación Ártica (AO) y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) sobre los extremos climáticos. Para ello, se relacionaron indicadores de extremos climáticos derivados de las temperaturas extremas con patrones atmosféricos de teleconexión, los cuales tienen gran influencia en el comportamiento interanual y multianual del clima cubano. Se emplearon métodos estadísticos como el análisis de clúster para estudiar el comportamiento de las variables y el análisis de componentes principales para determinar la influencia del ENOS, la AO, y la NAO sobre indicadores de extremos climáticos. Uno de los resultados principales reflejó un incremento en los días y noches cálidas y una disminución de los días y noches frías. Además, se obtuvo que cuando se incrementan los valores de los índices de teleconexión estudiados, disminuyen los eventos fríos y se incrementan los cálidos; los patrones de teleconexión que mejor explicaron la variabilidad observada fueron la AO y la NAO.

**Palabras clave:** indicadores de extremos climáticos, temperaturas extremas invernales, patrones atmosféricos de teleconexión.

**ABSTRACT:** This investigation has as main objective to study the observed changes on temperature climate extremes from winter in the period 1981-2016 in western Cuba and to determine the influence of El Niño Southern Oscillation (ENSO), the Arctic Oscillation (AO) and North Atlantic Oscillation (NAO) on climate extremes. Temperature climate extremes were related to teleconnection patterns, which have great influence in the interannual and multiannual behavior of the Cuban climate. Statistical methods such as cluster analysis were used to study the variables, and principal component analysis was used to determine the influence of ENSO, AO and NAO on the climate extremes. As result, climate extreme indices reflected an increase in the warm days and warm nights, while less cold days and cold nights were found. In general, the results shown that if the teleconnection indexes increase, then cold events decrease and warm events increase. Besides, AO and NAO were the teleconnection patterns that better explain the observed variability.

**Keywords:** climate extremes, winter extreme temperatures, teleconnection patterns.

\*Autor para correspondencia: *Laura Gil-Reyes*. E-mail: [laura.gil@insmet.cu](mailto:laura.gil@insmet.cu)

Recibido: 13/01/2020

Aceptado: 06/07/2020

## INTRODUCCIÓN

A lo largo del siglo XX se han observado cambios a nivel global a partir del análisis de los indicadores de extremos climáticos ([Klein-Tank et al., 2009](#)) derivados de las temperaturas, los cuales han adquirido una gran atención debido a sus impactos en actividades económicas y sociales ([Easterling et al., 2000](#)). Muchos estudios confirman la tendencia del calentamiento global ([Frich et al., 2002](#); [Kostopoulou & Jones, 2005](#); [Alexander et al., 2006](#); [Vincent et al., 2011](#)), la cual está evidenciada por un descenso significativo en la ocurrencia anual de noches frías, así como un incremento significativo en la ocurrencia de noches cálidas ([Alexander et al., 2006](#)).

En la región del Caribe, estudios realizados por [Peterson et al. \(2002\)](#), [Campbell et al. \(2011\)](#) y [Stephenson et al. \(2014\)](#) confirman esta tendencia al calentamiento, la cual es más marcada para indicadores basados en la temperatura mínima que para la temperatura máxima. Otros estudios se han enfocado en explicar las relaciones entre indicadores de extremos climáticos y patrones de teleconexión ([Hatzaki et al., 2008](#); [Rodríguez-Puebla et al., 2010](#); [Loikith & Broccoli, 2014](#); [Ning & Bradley, 2015](#); [Lü et al., 2016](#); [Baltaci et al., 2017](#)).

[Burgos & González \(2012\)](#) explican que el incremento de las temperaturas mínimas en las últimas décadas en Cuba, está asociado al incremento de noches cálidas y a la tendencia creciente de noches tropicales (Temperatura mínima > 20 °C); también exponen la existencia de un aumento en las temperaturas máximas medias, fundamentalmente en la región occidental. [Gil et al. \(2019\)](#) corroboran el incremento en las temperaturas máximas y mínimas medias de invierno en el período 1981-2016, con respecto al período de referencia 1981-2010, en la región occidental.

En Cuba, el período del año en el cual se reportan los valores más bajos de temperatura mínima, debido a la influencia de masas de aire polar continental, es conocido como período poco lluvioso o temporada invernal e incluye los meses

de noviembre-abril ([Lecha et al., 1994](#); [González, 2006](#); [González & Pila, 2018](#)). La temporada invernal cubana es más perceptible en la región occidental que en la oriental, debido a que es la más afectada por los frentes fríos ([Lecha et al., 1994](#)). La variabilidad interanual de la temporada invernal en Cuba está condicionada por la influencia de algunos patrones atmosféricos de teleconexión tales como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), la Oscilación del Atlántico Norte (NAO, por sus siglas en inglés) y la Oscilación Ártica (AO, por sus siglas en inglés) ([Rubiera & Caymares, 1998](#); [Hernández, 2002](#); [Fonseca, 2008](#); [Justiz, 2010](#)). La influencia de estos patrones en la circulación atmosférica a gran escala en el invierno cubano ha sido estudiada y se ha demostrado que ellos modulan el arribo de los frentes fríos a la región occidental ([Hernández, 2002](#); [Acosta, 2014](#); [Cedeño, 2015](#)). Las relaciones entre estos patrones de teleconexión y los cambios observados en los indicadores de extremos climáticos en Cuba han sido muy poco estudiadas.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es estudiar los cambios observados en algunos indicadores de extremos climáticos derivados de temperaturas extremas invernales en el período 1981-2016 en el occidente de Cuba y determinar la influencia que ejercen el ENOS, la AO y la NAO sobre dichos indicadores. En la segunda sección se exponen los datos y la metodología empleados. En la sección 3 se ofrece el análisis y la discusión de los resultados obtenidos de los indicadores de extremos climáticos y la influencia del ENOS, la AO y la NAO en estos indicadores.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos diarios de temperatura máxima (TX) y mínima (TN) en °C de las temporadas invernales (noviembre-abril) 1981-1982 hasta la 2015-2016 se emplearon en este estudio. Estos datos fueron obtenidos de la base de datos del Centro del Clima, del Instituto de Meteorología (INSMET). Se emplearon 19 de las 27 estaciones meteorológicas activas de la región occidental de Cuba ([Figura 1, Tabla 1](#)). La selección se hizo de acuerdo a las

recomendaciones en la *Guía de prácticas climatológicas* (OMM, 2011) sobre datos faltantes. El período 1981-2010 fue elegido como norma climatológica. Se seleccionaron los años 2010-2016 como representativos de las condiciones actuales para hacer una comparación del comportamiento observado en ese período, respecto a la norma climatológica.

Las estaciones fueron agrupadas mediante un análisis de clúster (Wilks, 2011) del complejo de temperatura máxima-mínima empleado por Gil *et al.* (2019), para distinguir las que tenían comportamientos similares en cuanto a las temperaturas extremas. Estos grupos fueron utilizados para facilitar el análisis entre los patrones de teleconexión y los extremos climáticos.

El cálculo de los indicadores de extremos climáticos se realizó mediante el software RCLIMDEX (1.0), provisto por el Equipo de

Expertos en Detección e Indicadores de Cambio Climático (ETCCDI, por sus siglas en inglés). El software y su documentación están disponibles en: <http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>. Los datos de entrada son las temperaturas máximas y mínimas en el período 1981-2016 con el período de referencia 1981-2010; los índices calculados son mensuales. Este software realiza tres pasos en su momento de corrida: Control de Calidad (QC), Test de Homogeneidad (RHtest) y Cálculo de los indicadores. Para la realización de este estudio fueron elegidos cuatro indicadores de temperatura (Tabla 2), dos de ellos relacionados con los extremos fríos (TN10P y TX10P) y los otros dos con los extremos cálidos (TN90P y TX90P).

Al realizar el control de calidad de los datos fueron detectados valores anómalos en algunas estaciones, dichos valores fueron verificados en los archivos que contienen las series de temperatura

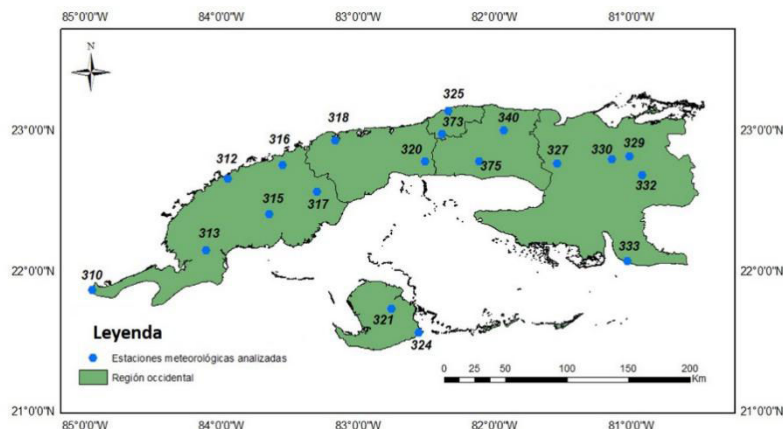


Figura 1. Localización de las estaciones meteorológicas seleccionadas de la región occidental de Cuba

Tabla 1. Descripción de las estaciones meteorológicas seleccionadas de la región occidental

| Provincia     | ID  | Nombre                 | Provincia           | ID  | Nombre         |
|---------------|-----|------------------------|---------------------|-----|----------------|
| Pinar del Río | 310 | Cabo de San Antonio    | Mayabeque           | 340 | Bainoa         |
|               | 312 | Santa Lucía            |                     | 375 | Melena del Sur |
|               | 313 | Isabel Rubio           |                     | 327 | Unión de Reyes |
|               | 315 | Pinar del Río          | Matanzas            | 329 | Indio Hatuey   |
|               | 316 | La Palma               |                     | 330 | Jovellanos     |
|               | 317 | Paso Real de San Diego |                     | 332 | Colón          |
|               | 318 | Bahía Honda            |                     | 333 | Playa Girón    |
| Artemisa      | 320 | Güira de Melena        | Isla de la Juventud | 321 | La Fe          |
| La Habana     | 325 | Casablanca             |                     | 324 | Punta del Este |
|               | 373 | Santiago de las Vegas  |                     |     |                |

**Tabla 2.** Descripción de los indicadores de extremos climáticos seleccionados.

Fuente: [Klein-Tank et al. \(2009\)](#)

| ID    | Nombre del indicador | Definición                                       |
|-------|----------------------|--|
| TN10p | Noches frías         | Porcentaje de días cuando $TN < 10$ mo percentil |
| TX10p | Días fríos           | Porcentaje de días cuando $TX < 10$ mo percentil |
| TN90p | Noches cálidas       | Porcentaje de días cuando $TN > 90$ mo percentil |
| TX90p | Días cálidos         | Porcentaje de días cuando $TX > 90$ mo percentil |

máxima y mínima del Centro del Clima del INSMET. Para corregirlos se utilizaron algunos criterios de validación simples como comparaciones con la media a largo plazo, así como situaciones sinópticas. Fueron muy contribuyentes los metadatos de cada estación. Finalmente, para calcular los indicadores de extremos climáticos fueron empleados los datos ya corregidos.

Para representar la variabilidad atmosférica fueron empleados índices climáticos de El Niño-Oscilación del Sur, la Oscilación del Atlántico Norte y la Oscilación Ártica, previamente estudiados en Cuba ([Hernández, 2002](#); [Rivero & Ortiz, 2005](#); [Cedeño, 2015](#)). Las series mensuales para el período 1981-2016 de los índices de la AO y la NAO fueron obtenidos de la página web del Climate Prediction Center (<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>). En el caso de ENOS, se usó un índice empírico mensual para Cuba ([http://www.insmet.cu/sometcuba/boletin/v04\\_n01/espanol/art2.htm](http://www.insmet.cu/sometcuba/boletin/v04_n01/espanol/art2.htm)).

Para analizar la influencia que ejercen los patrones de teleconexión sobre los indicadores de extremos climáticos, se empleó el método multivariado de análisis de componentes principales ([Wilks, 2011](#)), entre cada uno de los índices de teleconexión y los indicadores de extremos climáticos seleccionados. El procedimiento se implementó mediante el software Statistica 7.0 y se utilizaron dos criterios principales para seleccionar las componentes principales:

1. Se observa en el gráfico de sedimentación (Scree Plot) el criterio gráfico de la pendiente que muestra cuantas componentes se seleccionan.

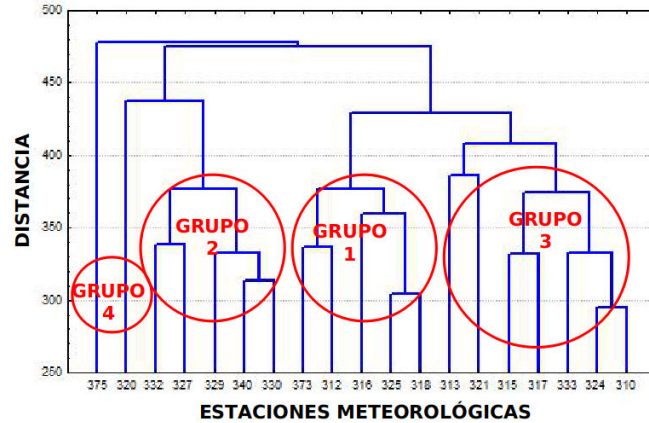
2. En Eigenvalores (valores propios) se distingue el o los que sean mayores que uno. Así se selecciona la cantidad de factores necesarios para la determinación de las componentes. Se observa el por ciento que representan las componentes. Preferiblemente se seleccionan aquellas que representan cerca del 60% de la variabilidad.

Debido a que el comportamiento de las variables meteorológicas no es el mismo durante todo el semestre noviembre-abril, fueron creados tres grupos de meses para el análisis. El primero es noviembre, que presenta características de transición en la circulación, en comparación a diciembre-enero-febrero. Estos, a su vez, difieren de marzo-abril, los cuales comienzan a presentar otras características en la circulación y son menos fríos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Agrupamiento de las estaciones meteorológicas

Se identificaron cuatro grupos fundamentales en función del comportamiento de las temperaturas extremas ([Figura 2](#)). El primero está integrado por Santiago de las Vegas (373), Santa Lucía (312), La Palma (316), Casablanca (325) y Bahía Honda (318), la mayoría de las cuales son de costa norte. El segundo se compone por estaciones del interior de Matanzas mayormente: Colón (332), Unión de Reyes (327), Indio Hatuey (329), Bainoa (340) y Jovellanos (330). El tercero lo conforman estaciones del interior y sur: Isabel Rubio (313), La Fe (321), Pinar del Río (315), Paso Real de San Diego (317), Playa Girón (333), Punta del Este (324) y Cabo de San Antonio (310). En el cuarto se



**Figura 2.** Diagrama de árbol para la agrupación de las estaciones meteorológicas, de acuerdo al comportamiento de las temperaturas extremas.

encuentran dos estaciones cuyo comportamiento se aleja más del resto, y a su vez, son similares entre sí debido a su cercanía, estas son: Güira de Melena (320) y Melena del Sur (375).

Los grupos obtenidos son muy similares a los obtenidos por [Gil et al. \(2019\)](#) para el comportamiento de la temperatura máxima. Esto puede sugerir que, para el análisis del complejo de temperatura máxima-mínima, las máximas tienen gran influencia desde el punto de vista espacial.

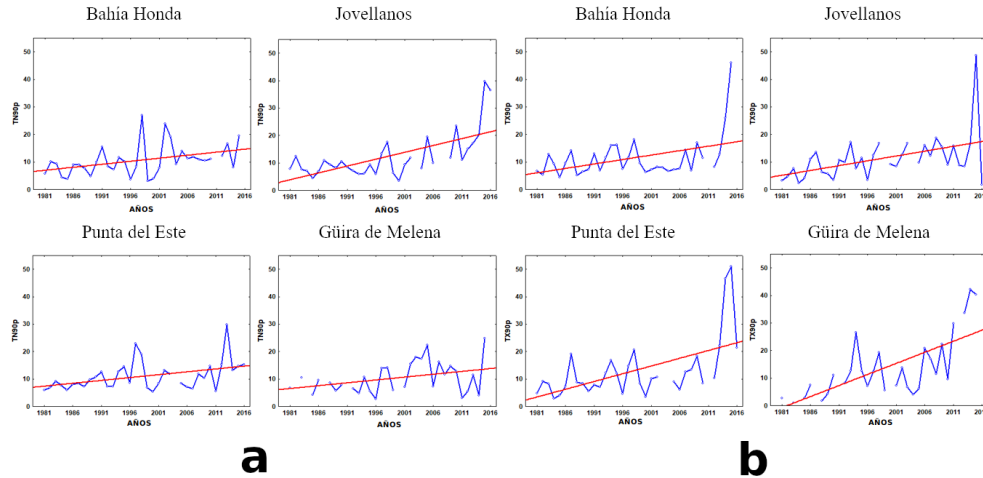
### Indicadores de extremos climáticos

Una vez realizado el QC, se efectuó el test de homogeneidad para determinar puntos de cambio en las series de temperatura máxima y mínima. Se encontraron varios puntos, los cuales fueron comparados con el valor crítico para un intervalo de confianza del 95%, para determinar su significación. La mayoría de las inhomogeneidades fueron encontradas en la serie de temperatura mínima. En el año 1998 presentaron puntos de cambio significativos las estaciones de Santa Lucía, Isabel Rubio, La Palma, Güira de Melena y Santiago de las Vegas. La estación de Paso Real de San Diego presentó un punto de cambio significativo en el año 2002 en la serie de temperatura mínima y en la estación de Pinar del Río ocurrió en el 2003. En la serie de temperatura máxima se produjo un punto de cambio significativo en el año 1998 en la estación meteorológica de Santa Lucía. Los metadatos

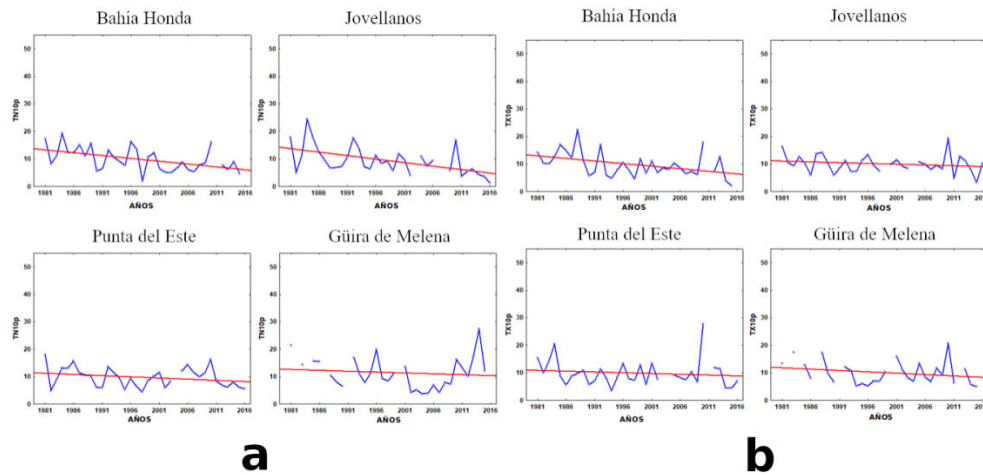
existentes no ofrecieron información que avalara los puntos de cambio en las estaciones sobre algún evento meteorológico extraordinario que se hubiese presentado en esas fechas. Por otro lado, a partir del informe de actualización de las Variaciones y Cambios del Clima de Cuba ([Pérez et al., 2009](#)), se corroboró que, desde mediados del siglo XX, las temperaturas media y mínima en Cuba presentaron incrementos. Esta tendencia fue más marcada durante el período invernal del año. Además, un intenso evento ENOS indujo altos valores de temperatura en los años 1997-1998 y 2002.

Al finalizar el control de calidad y el test de homogeneidad, se procedió al cálculo de los indicadores de extremos climáticos seleccionados para el estudio. En las figuras 3 y 4 se muestran los gráficos de la tendencia observada en los indicadores de extremos climáticos en cuatro de las estaciones meteorológicas estudiadas, representativas de cada uno de los grupos obtenidos: Bahía Honda (Grupo 1), Jovellanos (Grupo 2), Punta del Este (Grupo 3) y Güira de Melena (Grupo 4).

En general, se observa una tendencia creciente en los extremos cálidos en el período 1981-2016 ([Figura 3](#)), mientras que en los fríos la tendencia es a la disminución ([Figura 4](#)). Los resultados están en correspondencia con los observados globalmente por [Alexander et al. \(2006\)](#), los obtenidos para la región del Caribe por [Stephenson et al. \(2014\)](#) y también los encontrados por [McLean et al. \(2015\)](#),



**Figura 3.** Tendencia de (a) las noches cálidas (TN90p) y (b) los días cálidos (TX90p) en las estaciones meteorológicas seleccionadas



**Figura 4.** Tendencia de (a) las noches frías (TN10p) y (b) los días fríos (TX10p) en las estaciones meteorológicas seleccionadas

donde demostraron que durante el período 1979-1989 se observó en Cuba una disminución en los días y noches frías y un aumento en los días cálidos. Además, [Burgos & González \(2012\)](#) habían confirmado el incremento de las noches cálidas en Cuba en el período 1971-2009. Asimismo, en la Isla de la Juventud, [González-García et al. \(2017\)](#) resaltaron el incremento en los valores extremos de temperatura mínima.

En todos los meses del período 2010-2016, la cantidad de días y noches cálidas aumentó con respecto a la norma climatológica. En el caso de los días y noches frías, se evidenció un incremento en

los meses de noviembre y diciembre del período 2010-2016, mientras que en los meses de enero a abril disminuyen.

### **Influencia de los patrones atmosféricos de teleconexión sobre los indicadores de extremos climáticos**

#### **Noviembre**

En este mes, para el período de referencia 1981-2010, el factor de variabilidad obtenido explica el 58.73% de la variabilidad. Dicho factor revela que, cuando aumentan los valores de los

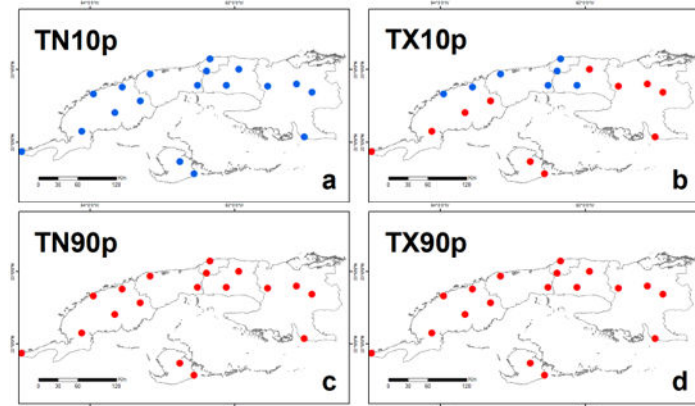
índices de la AO y la NAO, donde el de mayor influencia fue la NAO, en las estaciones de los grupos 1 y 4, disminuye el número de noches y días fríos y aumentan las noches y días cálidos; en las estaciones de los grupos 2 y 3, disminuyen las noches frías y aumentan las noches cálidas, los días cálidos y los días fríos. En la [Figura 5](#) se visualizan estos resultados. Esta diferencia en el comportamiento de los días fríos para las estaciones de los grupos 2 y 3 (interior de Matanzas e interior y Sur) podría deberse a que, en las estaciones meteorológicas del interior del territorio, tienen mayor influencia sobre las temperaturas frías las condiciones locales.

Por otro lado, para el período 2010-2016, en las estaciones del grupo 1, el factor explica el 65.84%

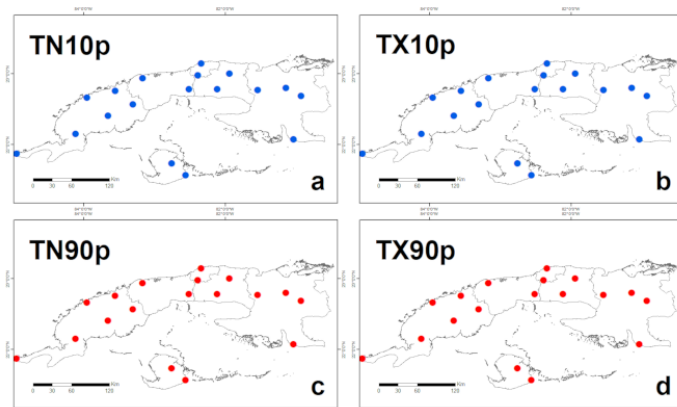
de la variabilidad y en el resto de los grupos expresa el 77.17%. En todas las estaciones el factor indica que un incremento en los valores de los índices de las tres oscilaciones analizadas, donde la NAO es la de mayor peso, implica un aumento de las noches y días cálidos con una disminución de las noches y días fríos ([Figura 6](#)).

### Diciembre - enero - febrero

En el período 1981-2010 fue obtenido un factor, el cual explica el 59.23% de la variabilidad. Este expresa que una disminución en los valores de los índices de la AO y la NAO, donde la AO tiene mayor influencia, determina un incremento de las noches y días fríos y una reducción de las noches y

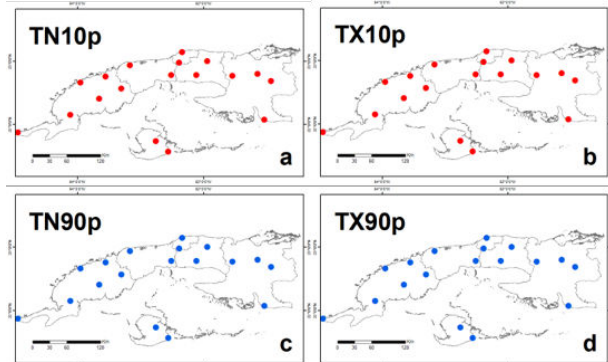


**Figura 5.** Comportamiento de (a) las noches frías, (b) los días fríos, (c) las noches cálidas y (d) los días cálidos cuando aumentan los valores de los índices de la AO y la NAO en el período 1981-2010. El color rojo indica aumento y el azul indica disminución.



**Figura 6.** Comportamiento de (a) las noches frías, (b) los días fríos, (c) las noches cálidas y (d) los días cálidos cuando aumentan los valores de los índices de la NAO, la AO y el ENOS en el período 2010-2016. El color rojo indica aumento y el azul indica disminución.

días cálidos para todas las estaciones (Figura 7). Estos resultados muestran relaciones inversas a los obtenidos por Baltaci *et al.* (2017) en Turquía. Esto se debe a que la influencia de la circulación atmosférica invernal propiciada por la AO y la NAO en esa región europea, produce un efecto contrario sobre las temperaturas extremas al que se produce en nuestra región.



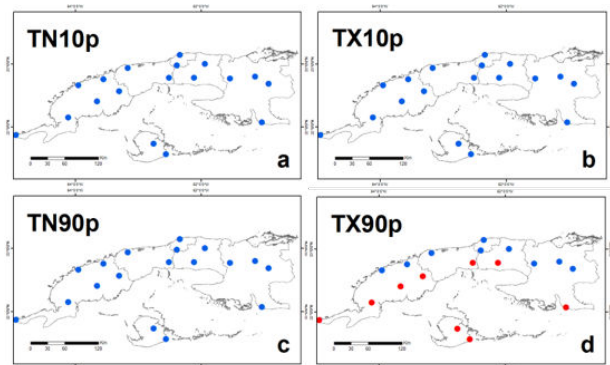
**Figura 7.** Comportamiento de (a) las noches frías, (b) los días fríos, (c) las noches cálidas y (d) los días cálidos cuando disminuyen los valores de los índices de la AO y la NAO en el período 1981-2010. El color rojo indica aumento y el azul indica disminución.

En las condiciones actuales, el factor resultante explica el 67.25% de la variabilidad. Dicho factor revela que, al aumentar los valores de los índices de la AO, la NAO y el ENOS, disminuyen las noches y días fríos y se incrementa el número de días y noches cálidas en todos los grupos de estaciones. En este caso, el patrón de teleconexión de mayor peso es la NAO. Estos resultados están en concordancia con los obtenidos por Ning & Bradley (2015) para el nordeste de Estados Unidos y el sureste de Canadá. Dicho estudio revela que, durante la fase positiva de la NAO y el ENOS en los meses de diciembre a marzo, se incrementan los extremos cálidos.

### Marzo - abril

En este bimestre, para el período de referencia 1981-2010, resultaron dos factores. El primero explica el 52.69% de la variabilidad y el segundo el 34.38%.

En las estaciones de los grupos 1 y 2, cuando aumentan los valores de los índices de la AO y la NAO, disminuyen todos los indicadores de extremos climáticos. En los grupos 3 y 4, al aumentar los valores de dichos índices, disminuyen las noches y días fríos y las noches cálidas, mientras que aumentan los días cálidos (Figura 8).



**Figura 8.** Comportamiento de (a) las noches frías, (b) los días fríos, (c) las noches cálidas y (d) los días cálidos cuando aumentan los valores de los índices de la AO y la NAO en el período 1981-2010. El color rojo indica aumento y el azul indica disminución.

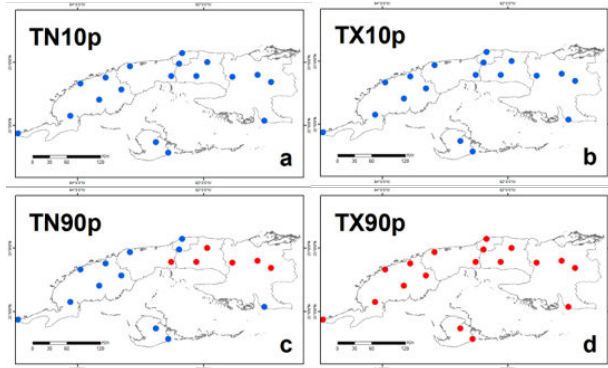
El segundo factor explica la relación del ENOS con los indicadores. En las estaciones de los grupos 1 y 3, cuando disminuyen los valores del índice, se incrementan los días cálidos y disminuyen las noches y días fríos y las noches cálidas. En los grupos 2 y 4, al disminuir los valores del índice, disminuyen las noches y días fríos y aumentan las noches y días cálidos (Figura 9).

Estos meses mostraron una mayor variabilidad espacial, lo cual pudiera significar que el diferente comportamiento observado en los grupos de estaciones está influenciado por otras variables atmosféricas, además de los patrones de teleconexión estudiados.

En las condiciones actuales el factor obtenido explica el 66.22% de la variabilidad en todas las estaciones e indica que, al disminuir los valores de los índices de la AO y la NAO, se incrementa el número de días y noches frías y disminuye la cantidad de días y noches cálidos. En este bimestre,



en los dos períodos, la AO fue la de mayor influencia.



**Figura 9.** Comportamiento de (a) las noches frías, (b) los días fríos, (c) las noches cálidas y (d) los días cálidos cuando disminuyen los valores del índice del ENOS en el período 1981-2010. El color rojo indica aumento y el azul indica disminución.

En la [Figura 10](#) se presenta un resumen de los resultados obtenidos con el análisis de componentes principales, dividido en períodos y meses. De forma general, los resultados mostraron mejor coherencia en los meses de diciembre, enero y febrero. Indicando que los patrones de teleconexión estudiados ejercen gran influencia

sobre los extremos de temperatura en esos meses. Sin embargo, no fueron tan precisos en los meses de noviembre, marzo y abril, los cuales mostraron una mayor variabilidad espacial. Esto se debe, fundamentalmente, a que en estos meses se presentan características transitorias de circulación atmosférica, las que tienen reflejo en la temperatura ([Lecha et al., 1994](#)). En ese caso, deberán ser analizadas otras variables atmosféricas que expliquen mejor dicho comportamiento.

### CONCLUSIONES

En los últimos años se corrobora la tendencia al calentamiento en el occidente de Cuba durante el período invernal, la cual es reflejo del incremento de los días y noches cálidas. Los días y noches frías están disminuyendo en los meses de enero a abril; en noviembre y diciembre se aprecia un incremento en los valores de estos indicadores.

Los patrones de teleconexión que mejor explican la variabilidad observada en las temperaturas extremas de la temporada invernal son la AO y la NAO principalmente en el período norma, mientras que en las condiciones actuales la influencia del ENOS es más marcada en los primeros cuatro meses de la temporada invernal de Cuba.

| MES         | 1981-2010                          |  |  | 2010-2016  |                                    |
|-------------|------------------------------------|--|--|--|------------------------------------|
|             | AO Y NAO                           | AO Y NAO   | ENOS   | AO, NAO Y ENOS   | AO Y NAO                           |
| NOV         |                                    | ↑ Noches cálidas<br>↓ Noches frías<br>↑ Días cálidos<br>↓ Días fríos<br>G1 y G4    G2 y G3 |  | ↑ Noches cálidas<br>↓ Noches frías<br>↑ Días cálidos<br>↓ Días fríos |                                    |
| DIC-ENE-FEB | ↓ Noches cálidas<br>↑ Noches frías |  |  | ↑ Noches cálidas<br>↓ Noches frías                                   |                                    |
| MAR-ABR     |                                    | ↓ Noches cálidas<br>↑ Noches frías<br>↑ Días cálidos<br>↓ Días fríos<br>G1 y G2    G3 y G4 | ↑ Noches cálidas<br>↓ Noches frías<br>↑ Días cálidos<br>↓ Días fríos<br>G1 y G3    G2 y G4 |  | ↓ Noches cálidas<br>↑ Noches frías |

|                |               |                  |                |
|----------------|---------------|------------------|----------------|
| <b>LEYENDA</b> | ↑ Incremento  | ☹ Noches frías   | ⊖ Días fríos   |
|                | ↓ Disminución | ☺ Noches cálidas | ⊕ Días cálidos |

**Figura 10.** Influencia de los patrones de teleconexión en los indicadores de extremos climáticos, por períodos.

La AO y la NAO mostraron una influencia marcada en los indicadores de extremos climáticos en el trimestre diciembre-febrero. Cuando se incrementan los valores de los índices de la AO y la NAO, disminuyen los eventos fríos y se incrementan los cálidos. Por el contrario, cuando disminuyen los valores de dichos índices, aumentan las noches y días fríos y disminuyen las noches y días cálidos.

## REFERENCIAS

- Acosta, H. 2014. *La Oscilación del Atlántico Norte y el comportamiento de la temporada invernal en la región occidental de Cuba*. Tesis de Diploma, La Habana: Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, 140p.
- Alexander, L.V.; Zhang, X.; Peterson, T.C.; Caesar, J.; Gleason, B.; Klein-Tank, A.M.G.; Vazquez-Aguirre, J.L. 2006. "Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation". *Journal of Geophysical Research*, 111(D5). <https://doi.org/10.1029/2005JD006290>
- Baltaci, H.; Akkoyunlu, B.O. & Tayanç, M. 2017. "Relationships between teleconnection patterns and Turkish climatic extremes". *Theoretical and Applied Climatology*, 134(5). DOI: 10.1007/s00704-017-2350-z
- Burgos, Y. & González, I. 2012. "Análisis de indicadores de extremos climáticos en la isla de Cuba". *Revista de Climatología*, 12: 81-91, ISSN: 1578-8768
- Campbell, J.D.; Taylor, M.A.; Stephenson, T.S.; Watson, R.A. & Whyte, F.S. 2011. "Future climate of the Caribbean from a regional climate model". *International Journal of Climatology*, 31(12): 1866-1878. <https://doi.org/10.1002/joc.2200>
- Cedeño, Y. 2015. "Oscilación Ártica y frentes fríos en el occidente de Cuba". *Revista Cubana de Meteorología*, 21(1): 91-102, ISSN: 0864-151X
- Easterling, D.R.; Meehl, G.A.; Parmesan, C.; Changnon, S.A.; Karl, T.R.; Mearns, L.O. 2000. "Climate Extremes: Observations, Modeling, and Impacts". *Science*, 289(5487): 2068-2074. DOI:10.1126/science.289.5487.2068.
- Fonseca, C. 2008. *La Oscilación del Atlántico Norte, los índices de circulación atmosférica y la lluvia en Cuba*. Tesis de Doctorado, La Habana: Instituto de Meteorología
- Frich, P.; Alexander, L.V.; Della-Marta, P.M.; Gleason, B.; Haylock, M.; Tank, A.K. & Peterson T. 2002. "Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century", *Climate research*, 19(3): 193-212.
- Gil, L.; González, I. & Hernández, D. 2019. "Las temperaturas extremas de la temporada invernal en la región occidental de Cuba en el período 1981-2016". *Revista de Climatología*, 19: 17-26, ISSN: 1578-8768
- González, C. 2006. "Características de la temporada invernal 2004-2005 en Cuba". *Revista Cubana de Meteorología*, 13(1): 78-82, ISSN: 0864-151X
- González, C. & Pila, E. 2018. "Breve resumen de la temporada invernal 2016-2017". *Revista Cubana de Meteorología*, 24(1), 128-135, ISSN: 0864-151X
- González-García, I.; Barcia-Sardiñas, S. & Hernández-González, D. 2017. "Comportamiento de Indicadores de extremos climáticos en la Isla de la Juventud". *Revista Cubana de Meteorología*, 23(2): 217-225, ISSN: 0864-151X
- Hatzaki, M.; Lingis, P.; Flocas, H.A.; Michaelides, S. & Oikonomou, C. 2008. "The impact of an upper tropospheric teleconnection pattern on precipitation extremes over Cyprus". *Adv Geosci*, 16:131-136. <https://doi.org/10.5194/adgeo-16-131-2008>
- Hernández, B. 2002. "El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y los frentes fríos que arriban a la región occidental cubana". *Investigaciones marinas*, 30(2): 3-19.
- Justiz, A. 2010. *Circulación troposférica asociada a los Frentes Fríos Fuertes que han afectado a Cuba en el período 1950 - 2008*. Tesis de

- Diploma, La Habana: Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, 114p.
- Klein-Tank, A.M.G.; Zwiers F.W. & Zhang X. 2009. "Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation". WCDMP-No. 72 - WMO-TD No. 1500.
- Kostopoulou, E. & Jones, P.D. 2005. "Assessment of climate extremes in the Eastern Mediterranean". *Meteorology and Atmospheric Physics*. 89(1-4): 69-85.
- Lecha, L. B.; Paz, L. R. & Lapinel, B. 1994. *El Clima de Cuba*. La Habana, Cuba: Academia, 186p., ISBN: 959-02-0006-0
- Loikith, P.C. & Broccoli, A.J. 2014. "The influence of recurrent modes of climate variability on the occurrence of winter and summer extreme temperatures over North America". *J. Climate*. 27: 1600-1618. DOI:10.1175/JCLI-D-13-00068.1.
- Lü, J.; Li, Y.; Zhai, P. & Chen, J. 2016. "Teleconnection patterns impacting on the summer consecutive extreme rainfall in Central-Eastern China". *International Journal of Climatology*. 37(8): 3367-3380. DOI: 10.1002/joc.4923
- McLean, N. M.; Stephenson, T. S.; Taylor, M. A. & Campbell, J. D. 2015. "Characterization of future Caribbean Rainfall and temperature extremes across rainfall zones". *Advances in Meteorology*, 2015(425987): 1-18, <http://dx.doi.org/10.1155/2015/425987>
- Ning, L. & Bradley R.S. 2015. "Winter Climate Extremes over the Northeastern United States and Southeastern Canada and Teleconnections with Large-Scale Modes of Climate Variability". *Journal of Climate*. 28: 2475-2493. DOI: 10.1175/JCLI-D-13-00750.1
- OMM. 2011. *Guía de prácticas climatológicas* (3ra ed.). Ginebra, Suiza: OMM.
- Pérez, R.; Fonseca, C.; Lapinel, B.; González, C.; Planos, E.; Cutié, V.; ... Vega, R. 2009. *Actualización del conocimiento sobre variaciones, cambios y tendencias del clima en Cuba*. La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.
- Peterson, T.C.; Taylor, M.A.; Demeritte, R.; Duncombe, D.L.; 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>
- Rivero, A. & Ortiz, P. 2005. "El índice NAO como elemento modulador de la variabilidad climática del período poco lluvioso en Cuba". *Revista Colombiana de Meteorología*, (9): 67-74.
- Rodríguez-Puebla, C.; Encinas, A.H.; García-Casado, L.A.; Nieto, S. 2010. "Trends in warm days and cold nights over the Iberian Peninsula: relationships to large-scale variables". *Clim Chang*. 100(3): 667-684. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9721-0>
- Rubiera, J. & Caymares, A. 1998. "Eventos de tiempo severo inducidos por el ENSO en la temporada invernal cubana". *Bulletin de l'Institut français d'études andines*. 27(3).
- Stephenson, T.S.; Vincent, L.A.; Allen, T.; Van Meerbeek, C.J.; McLean, N.; Peterson, T.C.; Trotman, A.R. 2014. "Changes in extreme temperature and precipitation in the Caribbean region, 1961-2010". *International Journal of Climatology*, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/joc.3889>
- Vincent, L.A.; Aguilar, E.; Saindou, M.; Hassane, A.F.; 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, D.S. 2011. *Statistical methods in the atmospheric sciences* (3ra ed.). Amsterdam: Elsevier/Acad. Press, 676p, ISBN: 978-0-12-385022-5