

Oscilación ártica y temperaturas en el occidente de Cuba

The Arctic Oscillation and Temperatures in western Cuba

MSc. Yiganis Cedeño Rojas | yiganis.rojas@insmet.cu | Centro de Pronósticos, Instituto de Meteorología

Recibido: octubre 1 de 2015; aceptado: octubre 8 de 2015.

Resumen

En el presente trabajo se analiza la influencia de las fases de la Oscilación Ártica (AO, por sus siglas en inglés) en el comportamiento de las temperaturas mínima y máxima en el occidente de Cuba durante las temporadas invernales del período 1980-2011. Además, se identifica la relación entre los reportes de temperaturas notablemente bajas y las fases de la AO. Se consultaron las bases de datos del Centro del Clima y el Centro de Pronósticos del Instituto de Meteorología de Cuba para la obtención de las series meteorológicas, y las bases de datos del Centro de Predicción del Clima de los Estados Unidos para la obtención del índice de la Oscilación Ártica. Se utilizó, además, el coeficiente de correlación de Pearson. El estudio reveló que durante la fase positiva de la AO, las temperaturas mínima y máxima medias son superiores a la media climatológica del período, mientras que durante la fase negativa son menores. Asimismo, los descensos más significativos de temperatura ocurren preferentemente durante la fase negativa de la AO.

PALABRAS CLAVE: Oscilación Ártica, temporada invernal, temperaturas.

Abstract

In this paper are analyzed the anomalies that produce the phases of the Arctic Oscillation (AO, for its initials in English) on the behavior of the minimum and maximum temperatures in western region of Cuba during the winter season in the period 1980-2011. Also, the relationship between the reports of notably low temperatures and the phases of the AO is identified. The databases from Climate Center and Forecast Center of the Institute of Meteorology of Cuba were used for obtaining the meteorological series and the databases of the Climate Prediction Center of the United States were used for obtaining the index of the Arctic Oscillation. It was also used the Pearson's correlation coefficient. The carried out study allowed to reveal that during the positive phase of the AO, the minimum and maximum temperature are higher than the climatological value of the period, while during the negative phase they are lower. Also, during the negative phase of the AO, the winter seasons register remarkable descents of temperature.

KEYWORDS: Arctic Oscillation, winter season, temperatures.

Introducción

El período poco lluvioso o temporada invernal en Cuba comprende de noviembre a abril; durante esta etapa, el archipiélago cubano es afectado por frentes fríos y tras su paso se impone la influencia de las altas presiones migratorias e imperan las condiciones invernales. Esta influencia anticiclónica, en dependencia del origen de la masa de aire (polar o ártica, continental o marítima), puede provocar registros notables de temperaturas cuando se conjugan determinadas características meteorológicas y condiciones físico-geográficas del terreno.

La temperatura es uno de los elementos más estudiados por los meteorólogos puesto que influye en el confort humano, y es determinante en la agricultura, la ganadería, el turismo y otros renglones fundamentales de la economía.

Según Rubiera (1984), Rubiera y Caymares (1998) Hernández (2002), Fonseca (2008), Jústiz (2010) y Acosta (2014), entre otros, las características climáticas de la temporada invernal en Cuba pueden variar de forma significativa de un año a otro, debido, entre otras causas, a la presencia de algunos patrones atmosféricos de teleconexión, tales como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO, por sus siglas en inglés), a los cuales se suma la Oscilación Ártica.

Las investigaciones relacionadas con la AO comenzaron a partir de Walker y Bliss (1932), Van Loon y Rogers (1978) y Hurrell (1995); estos autores consideraban el fenómeno como una variación del clima regional y se refirieron a esta como la Oscilación del Atlántico Norte. Un esfuerzo paralelo fue llevado a cabo por Rossby (1939), Namias (1950) y Lorenz (1951), quienes estudiaron la misma variabilidad y definieron varios índices zonales para identificarla, considerándola zonalmente simétrica o anular. Pero no es hasta Thompson y Wallace (1998) que se propone por vez primera el concepto de Oscilación Ártica,

y la definen como el principal modo de variabilidad dominante en el hemisferio norte.

Analizando los datos disponibles, Thompson y Wallace (1998) vieron que durante los días de la fase negativa de la AO, las temperaturas eran varios grados más bajas que lo normal en casi todo los Estados Unidos, el norte de Europa, Rusia, China y Japón. A partir de ese año, se publicaron varios trabajos que han servido para comprender mejor el comportamiento de la AO, y su relación con la variabilidad del clima y otros eventos meteorológicos extremos; en este sentido, puede citarse a Wallace (2000), Thompson (2000) y Thompson y Hegerl (2000).

Asimismo, en el área de Centroamérica pueden mencionarse los estudios realizados por Zárate (2013), en los cuales se relaciona el número de frentes fríos que alcanzan el Mar Caribe, con la AO y la temperatura en el cinturón ártico. En Cuba, los estudios relacionados con la AO comenzaron recientemente con los trabajos realizados por Cedeño (2015a y 2015b), que analizan la influencia de la AO en el comportamiento de la temporada invernal y los frentes fríos.

En los últimos años, la AO ha sido centro de atención por parte de la comunidad científica, pero las investigaciones en la región del Caribe, especialmente en Cuba, pueden considerarse todavía como incipientes, dado que aún existe incertidumbre respecto a los mecanismos que rigen sus modos de variabilidad temporal y, en correspondencia, su nivel de influencia en el comportamiento de las variables meteorológicas que caracterizan la temporada invernal. A ello se suma el hecho de que la mayoría de los estudios relacionados con el tema se refiere a latitudes medias y altas, mientras que para la región tropical resultan muy escasas las investigaciones que abordan su influencia de manera directa.

En el presente trabajo se abordará la influencia que las fases de la AO ejercen en el comportamiento de las temperaturas mínima y máxima durante la temporada invernal en el occidente de Cuba, así

como su relación con los reportes de temperaturas notablemente bajas.

Oscilación Ártica

Según Thompson y Wallace (1998), la Oscilación Ártica o Modo Anular del Norte es el patrón dominante de las variaciones no estacionales de la presión atmosférica al norte de los 20 °N, y se caracteriza por anomalías en la presión de magnitudes positivas o negativas en el Ártico y anomalías de magnitudes opuestas localizadas cerca de los 37–45 °N.

Es un patrón climático que varía con el tiempo, sin periodicidad determinada, que puede alternarse durante semanas o meses. El origen de estas variaciones está relacionado con complejas interacciones entre la atmósfera, el océano y los hielos polares que aún presentan vacíos en su comprensión y son muy difíciles de predecir con antelación, aunque se han realizado algunos estudios, como los de Baldwin y Dunkerton (1999), que sugieren que la Oscilación Cuasi-Bienal (QBO, por sus siglas en inglés) en la estratosfera ecuatorial pudiera forzar la AO. Estos autores plantean que la fase y la fuerza de la AO, especialmente en la estratosfera, están influenciados por la QBO, dado que la AO tiende a estar en su fase negativa cuando la QBO es del este.

Según Wallace (2000), por lo general, en el Ártico predomina una masa de aire de baja presión, mientras que la presión del aire que se encuentra en las latitudes medias suele ser mayor; esta diferencia de presión genera vientos que confinan el aire extremadamente frío en el Ártico. La fuerza de los sistemas de alta (en las latitudes medias) y de baja presión (en el Ártico) oscila. Cuando los sistemas de presión son más fuertes, o sea, cuando sobre el Ártico la presión del aire es más baja y sobre las latitudes medias es más alta que lo normal, la diferencia de presión entre ambos aumenta y los vientos predominantes que se mueven de oeste a este de forma

paralela al ecuador giran más rápido. Esto limita el aire extremadamente frío en el Ártico, mientras que el aire más cálido se mantiene sobre las latitudes medias; por consiguiente, las temperaturas en el Ártico son más bajas y sobre las latitudes medias más altas que lo normal. En este caso, la AO se encuentra en fase positiva (AO+).

Wallace (2000) también plantea que cuando estos sistemas son más débiles, la diferencia de presión entre el Ártico y las latitudes medias disminuye, ya que en el Ártico la presión del aire no es tan baja y en las latitudes medias no es tan alta. Esto provoca que el anillo de vientos que sopla de oeste a este gire más lentamente y pueda ser perturbado más fácilmente, dando lugar a la formación de amplias ondas que se desplazan hacia los trópicos y permiten que la masa de aire ártico frío se deslice al sur hasta latitudes más bajas, donde ocurre un mayor enfriamiento que lo normal, mientras que, por el contrario, se desplaza una masa de aire más cálida hacia zonas más septentrionales, en las cuales tiene lugar un mayor calentamiento que lo normal. Cuando esto sucede, la AO se encuentra en fase negativa (AO-).

Esta última fase desempeña el papel más importante en la variabilidad de la temporada invernal en los trópicos, incluyendo a Cuba, a causa de un mayor y significativo intercambio de los procesos atmosféricos trópico-extratropical.

La AO fluctúa estocásticamente entre sus fases positiva y negativa en escalas de tiempo diarias, mensuales, estacionales y anuales. El índice de la AO (AOi) se obtiene proyectando las anomalías medias de la altura de 1 000 hPa en el área comprendida entre los 20–90 °N, en una función ortogonal empírica, tomando como período base 1979–2000 (CPC, 2014). Una metodología más detallada sobre el cálculo del AOi puede encontrarse en Barnston y Livezey (1987).

Temperaturas en Cuba

En correspondencia con el máximo estival de la radiación solar global, la temperatura del aire alcanza su máximo anual en julio y agosto en Cuba, mientras que el mínimo de la marcha anual ocurre en enero y febrero. Los valores medios anuales van desde 22 °C hasta 28 °C y más en las costas orientales, algunas magnitudes inferiores a 20 °C se reportan en las partes más altas de las zonas montañosas. Los registros de la temperatura máxima media están entre 27 °C y 32 °C, y la temperatura mínima media oscila entre 17 °C y 23 °C.

Sin embargo, existen notables diferencias entre los períodos lluvioso y poco lluvioso del año. El período lluvioso o verano se caracteriza por el predominio de días muy cálidos, con temperaturas máximas superiores a 30 °C y mínimas superiores a 20 °C. El período poco lluvioso del año o invierno se caracteriza por el predominio de los días frescos, fríos o muy fríos, con temperaturas máximas inferiores a 30 °C, incluso inferiores a 20 °C en días muy fríos, y mínimas con valores entre 10 °C y 20 °C, incluso inferiores a 10 °C durante los días muy fríos (Florido y Lecha, 1985).

En cuanto a la marcha diaria de este elemento, al mediodía ocurre el máximo diario de la temperatura del aire, mientras que en horas de la noche, generalmente al final de la madrugada, se registra la temperatura mínima del día.

Mientras que la oscilación media anual de la temperatura del aire (diferencia entre la temperatura media del mes más frío y el mes más cálido) en Cuba no excede generalmente 7 °C, la oscilación diaria de este elemento duplica habitualmente esta magnitud.

De mayo a octubre predomina sobre Cuba la influencia del anticiclón subtropical del Atlántico, y todo el territorio queda sometido al régimen de los vientos alisios. Esta condición reduce la oscilación diaria de la temperatura durante el verano y modera la ocurrencia de máximas elevadas en las zonas

costeras por el efecto permanente de la brisa del mar, aunque se pueden establecer diferencias entre las costas norte y sur (Lecha *et al.*, 1994).

En marzo, abril, noviembre y la primera quincena de diciembre, se presentan características transitorias de la circulación atmosférica, las que tienen su reflejo también en el comportamiento de la temperatura; por último, de diciembre hasta comienzos de marzo, se denota como peculiaridad predominante la influencia de anticiclones continentales fríos que se desplazan siguiendo a los sistemas frontales en su movimiento por el este y después al sureste sobre los Estados Unidos, el golfo de México y Cuba hacia el Atlántico. Este tiempo típico de latitudes subtropicales y extratropicales ocasiona la existencia de temperaturas mínimas notables en Cuba y aumenta la oscilación diaria de este elemento (Lecha *et al.* 1994).

Materiales y métodos

Todos los análisis se efectuaron entre noviembre y abril, o sea, en la temporada invernal o período poco lluvioso en Cuba; el período seleccionado fue 1980–2011.

El AOi se obtuvo de las bases de datos del Centro de Predicción del Clima de los Estados Unidos (CPC), disponibles en la página web: www.cpc.ncep.noaa.gov. El AOi toma valores positivos o negativos. Por norma general, se considera que se está en la fase positiva (AO+) o negativa (AO-) cuando el valor del índice es mayor de 1.0 o menor de -1.0, respectivamente (CPC, 2014).

Las series de temperaturas mínimas y máximas de las estaciones meteorológicas de la región occidental de Cuba se obtuvieron de las bases de datos del Centro del Clima y el Centro de Pronósticos del Instituto de Meteorología de Cuba.

Con miras al análisis de las anomalías de temperaturas se tomó en cuenta la diferencia entre el valor de la variable y el valor medio climático del mes o

la temporada invernal durante el período 1980–2011. Para medir la relación entre el índice de la AO y la temperatura media se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, y se prefijó el nivel de significación $\alpha = 0.05$.

Según el *Manual de procedimientos* del Centro de Pronósticos del Instituto de Meteorología (INSMET 2012), en Cuba, las temperaturas diarias se clasifican de la manera siguiente:

1. Notablemente frías: cuando son inferiores a 9,0 °C.
2. Muy frías: entre 9,1 °C y 13,0 °C.
3. Frías: entre 13,1 °C y 17,0 °C.
4. Ligeramente frías: entre 17,1 °C y 21,0 °C.
5. Frescas: entre 21,1 °C y 25,0 °C.
6. Ligeramente cálidas: entre 25,1 °C y 29,0 °C.
7. Cálidas: entre 29,1 °C y 33,0 °C.
8. Muy cálidas: entre 33,1 °C y 37,0 °C.
9. Notablemente cálidas: cuando son mayores de 37,1 °C.

Con vistas al análisis de las temperaturas notablemente bajas se seleccionaron los días con temperaturas máximas inferiores a 21 °C y temperaturas mínimas inferiores a 9 °C. Sin embargo, las estaciones meteorológicas ubicadas en la costa norte occidental y en la Isla de la Juventud, con características físico-geográficas diferentes a las ubicadas en el interior y sur de la región occidental, presentaron muy pocos días con temperaturas mínimas inferiores a 9 °C; en tales casos, se analizaron los registros inferiores a 13 °C.

Resultados

Análisis de la temperatura media mensual

La figura 1 muestra las temperaturas mínima y máxima medias mensuales durante la temporada invernal en la región occidental de Cuba y el AOi mensual. Se aprecia que en los períodos con predominio del AOi- se registran temperaturas medias mensuales menores a las registradas durante la AOi+.

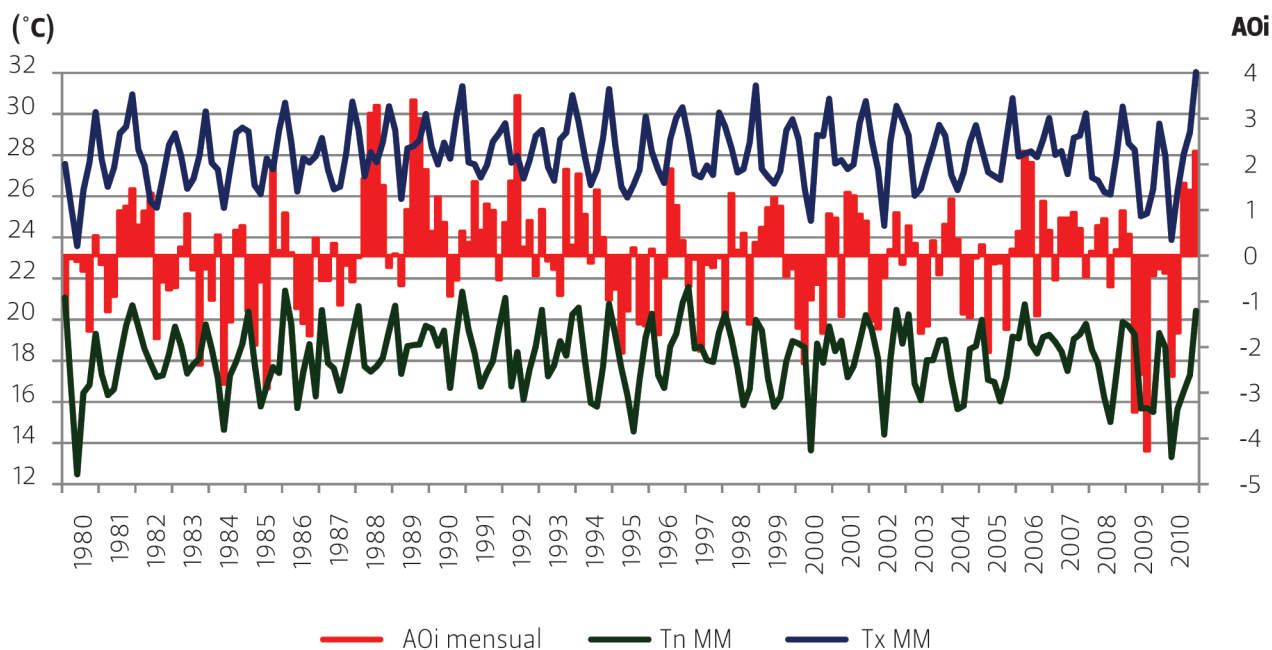


Fig. 1 Temperaturas mínima media mensual (Tn MM) y máxima media mensual (Tx MM) en la región occidental de Cuba e AOi (1980–2011).

Lo referido con anterioridad se puede apreciar mejor al analizar los valores medios mensuales de la temperatura durante las fases positiva y negativa de la AO, cuando los mismos se calculan por separado y se comparan con los valores promedio. En la figura 2 (a y b) se observa que durante la fase negativa de la AO las temperaturas mínima y máxima medias mensuales son menores que la media climatológica del período, mientras que durante la fase positiva resultan mayores. Además, en enero, estas diferencias son más marcadas que en el resto de los meses de la temporada invernal, mientras que en noviembre y abril son mínimas.

Las figuras 3 y 4 muestran, respectivamente, las anomalías mensuales de las temperaturas mínima y máxima calculadas de manera independiente durante las fases negativa (a) y positiva (b) de la AO. En la fase negativa predominan anomalías negativas, que en algunos meses pueden alcanzar valores inferiores a $-3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, incluso pueden descender hasta $-4.8\text{ }^{\circ}\text{C}$. En la fase positiva, la temperatura mínima registra anomalías positivas y como negativas, con valores entre $-2.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, pero en el caso de la temperatura máxima se aprecia un predominio

de las anomalías positivas, que pueden llegar hasta $4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Las figuras 5 y 6 presentan las anomalías calculadas de manera independiente para cada mes de la temporada invernal. Se aprecia que en enero, frecuentemente, las anomalías poseen el mismo signo del AOi, mientras que en el resto de los meses el signo de las anomalías no siempre se corresponde con la fase de la AO.

El resultado anterior se verifica cuando se calcula el coeficiente de correlación de Pearson entre la temperatura media y el AOi mensuales (Tabla 1). De los seis meses de la temporada invernal, enero es el de mejores correlaciones, aunque en el caso de la temperatura máxima también se encontraron correlaciones significativas en febrero, abril y diciembre.

Análisis de la temperatura media por temporada invernal

La figura 7 muestra las temperaturas mínima y máxima medias por temporada invernal en la región occidental de Cuba y el AOi. Se aprecia que en la ma-

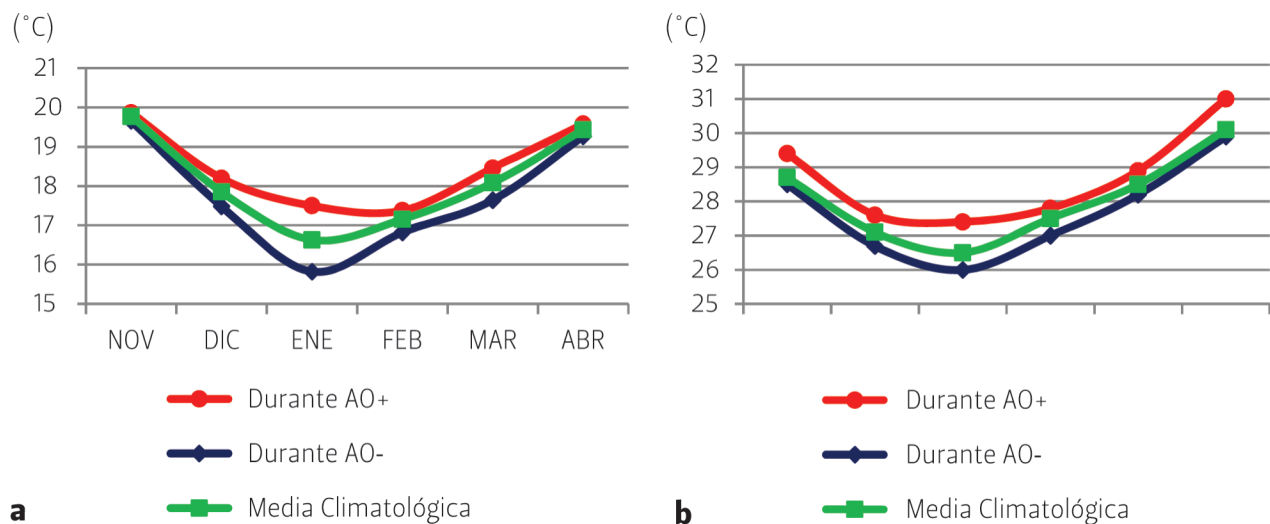
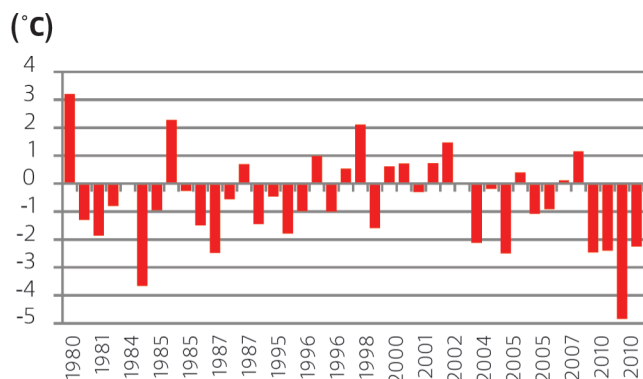
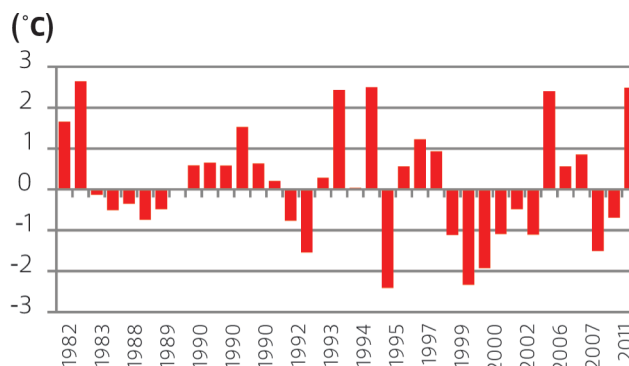


Fig. 2 Temperaturas mínima media mensual (a) y máxima media mensual (b) en la región occidental de Cuba durante las fases positiva y negativa de la AO (1980-2011).

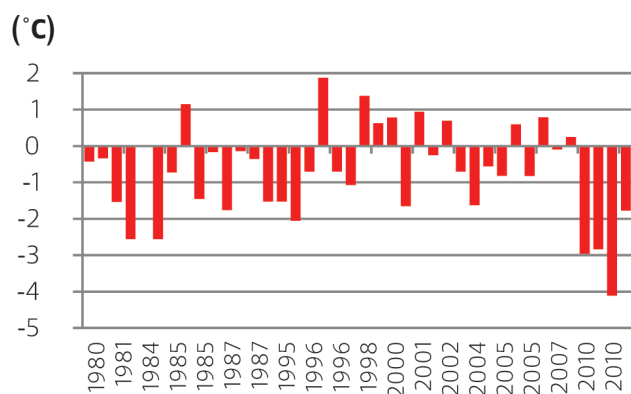


a ■ anomalía

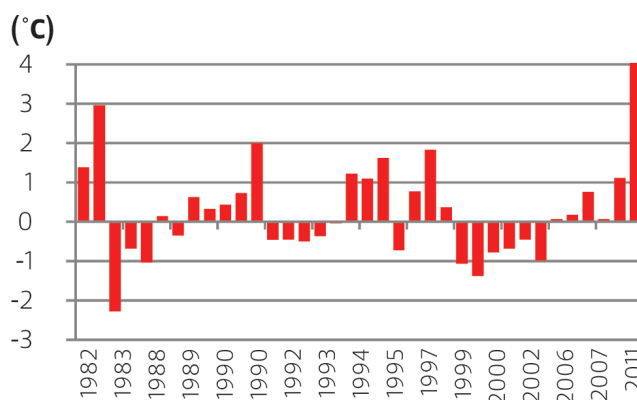


b ■ anomalía

Fig. 3 Anomalías mensuales de la temperatura mínima media en la región occidental de Cuba durante las fases negativa (a) y positiva (b) de la AO (1980-2011).



a ■ anomalía



b ■ anomalía

Fig. 4 Anomalías mensuales de la temperatura máxima media en la región occidental de Cuba durante las fases negativa (a) y positiva (b) de la AO (1980-2011).

TABLA 1

Coefficiente de correlación de Pearson entre las temperaturas mínima y máxima medias y el AOi mensuales (1980-2011)

Temperatura	Coeficiente de correlación					
	Nov.	Dic.	Enero	Feb.	Marzo	Abril
Mínima	0,10	0,26	0,45*	0,24	0,36	0,19
Máxima	0,13	0,38*	0,55*	0,45*	0,32	0,39*

Nota: Se destaca con el asterisco que son significativas a 5 %.

yoría de los casos las temporadas con AOi- registran temperaturas medias inferiores a las de AOi+.

Las figuras 8 y 9 muestran, respectivamente, las anomalías de las temperaturas mínima y máxima medias por temporada invernal en el occidente de

Cuba durante las fases negativa (a) y positiva (b) de la AO. Por lo general, en el período muestral, las temporadas invernales con AOi- registran anomalías negativas de temperatura, que en muchos casos alcanzan valores entre $-0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que en las temporadas con AOi+ predominan las anomalías positivas, las que presentan, en mayoría, valores entre $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Al calcular el coeficiente de correlación de Pearson entre las temperaturas medias y el AOi por temporada invernal, los resultados obtenidos superan a la mayoría de las correlaciones mensuales (Tabla 2).

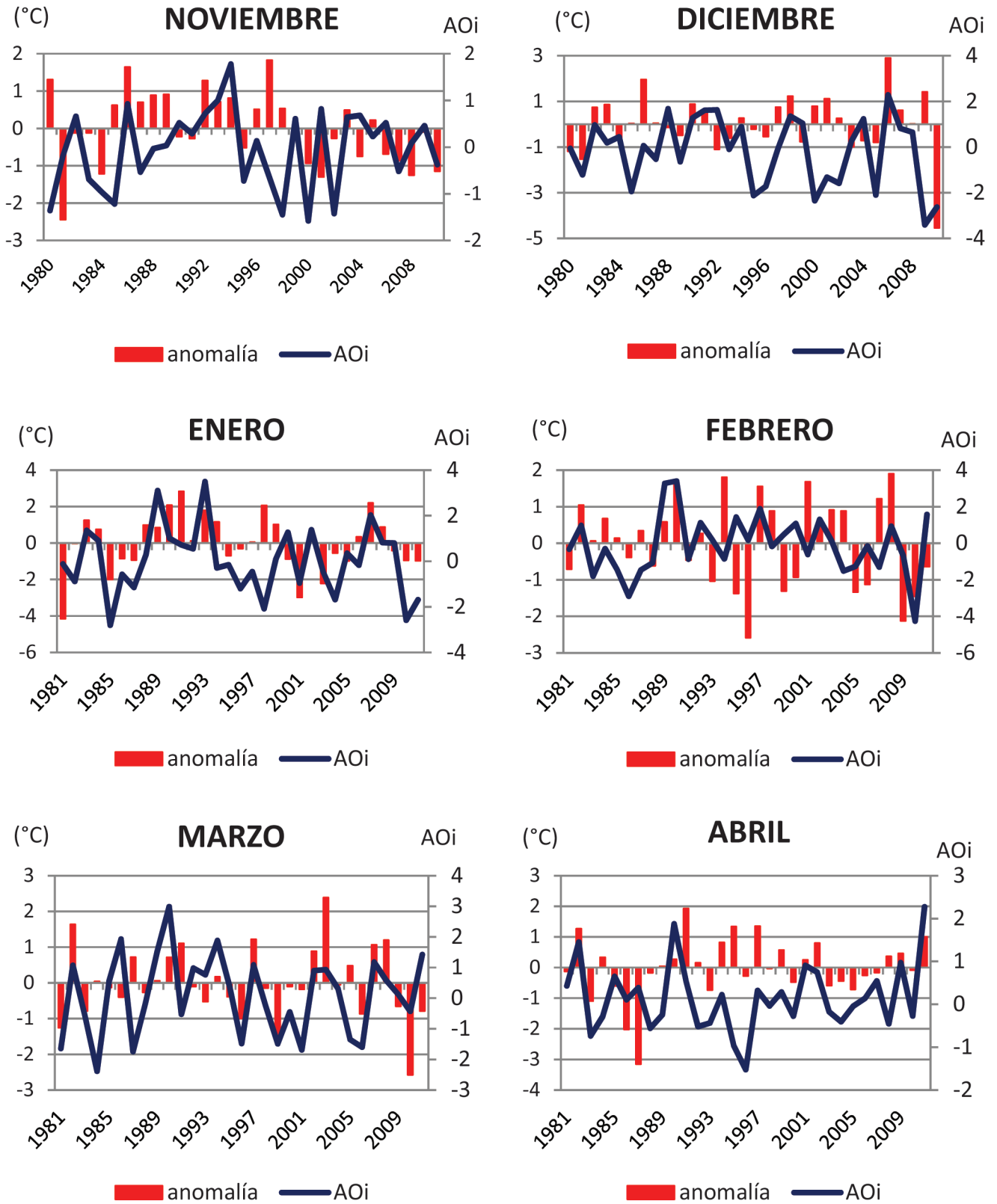


Fig. 5 Anomalías de la temperatura mínima media por meses en la región occidental de Cuba (1980-2011).

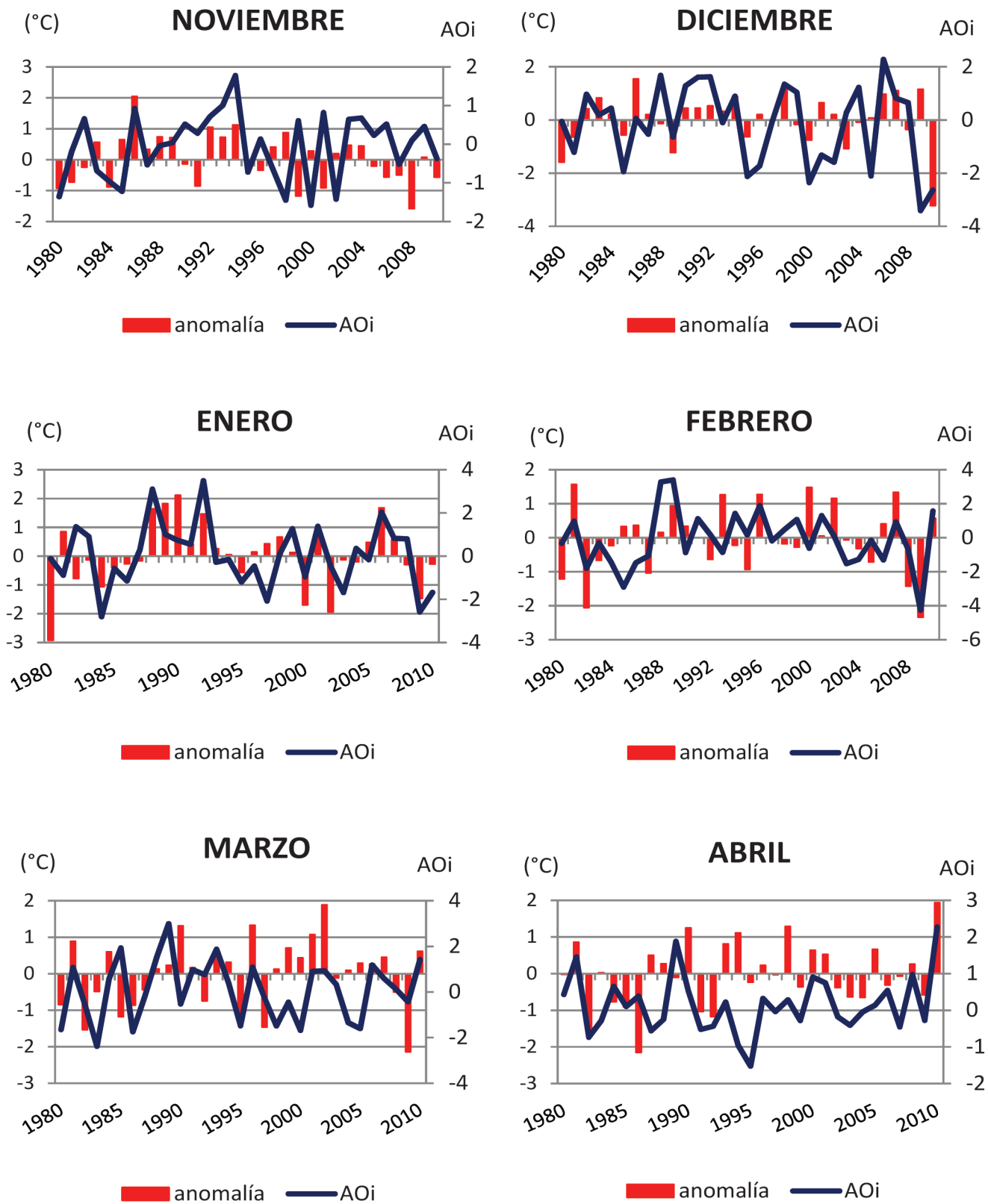


Fig. 6 Anomalías de la temperatura máxima media por meses en la región occidental de Cuba (1980-2011).

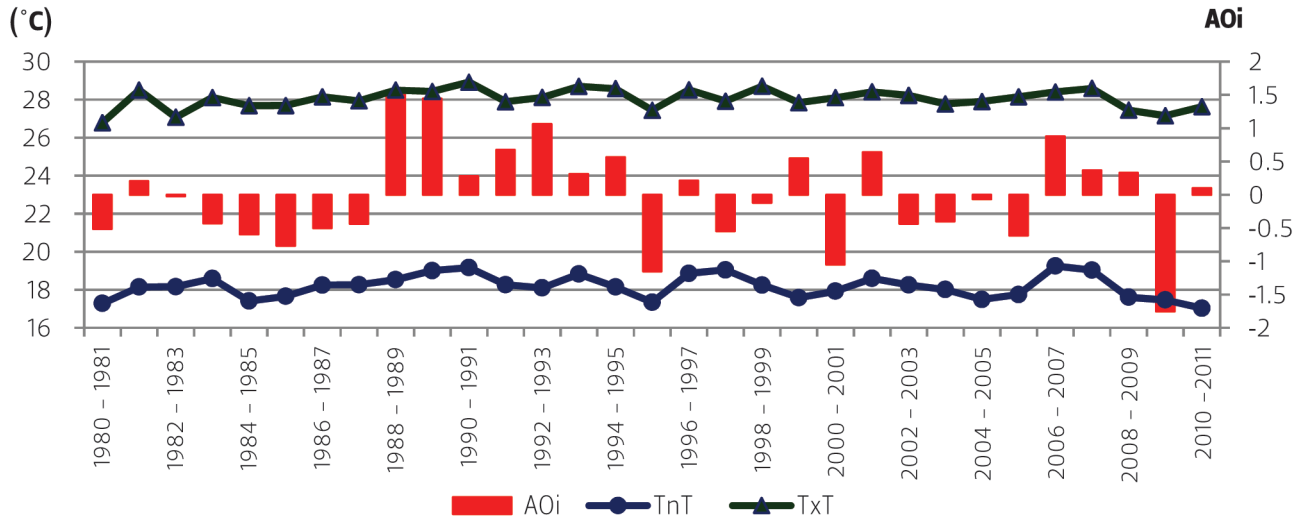


Fig. 7 Temperaturas mínima media (Tn T) y máxima media (TxT) por temporada invernal en la región occidental de Cuba y AOi (1980-2011).

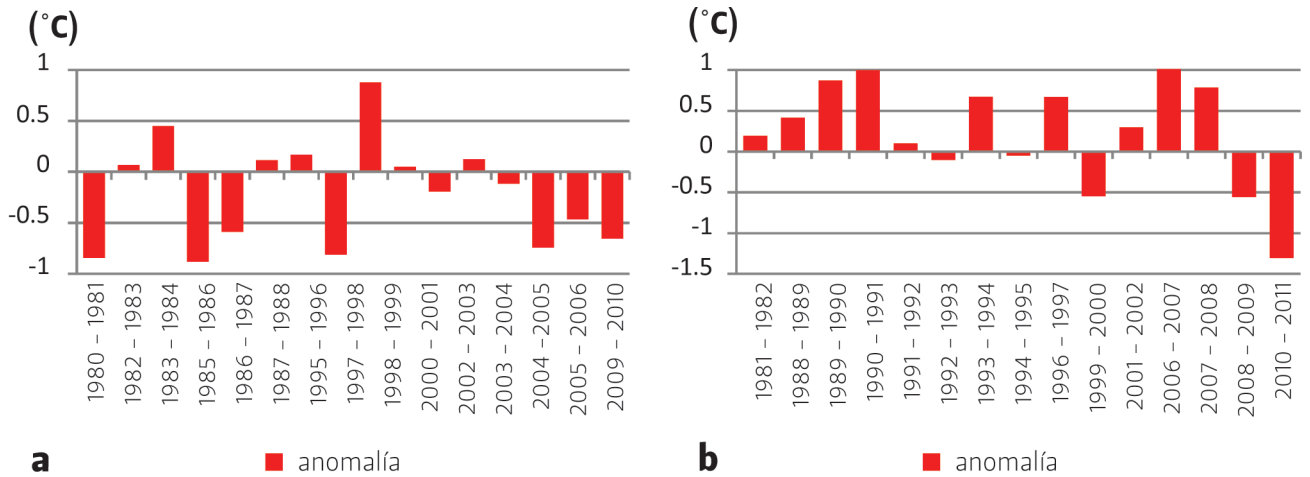


Fig. 8 Anomalías de las temperaturas mínima por temporada invernal en la región occidental de Cuba durante las fases negativa (a) y positiva (b) de la AO (1980-2011).

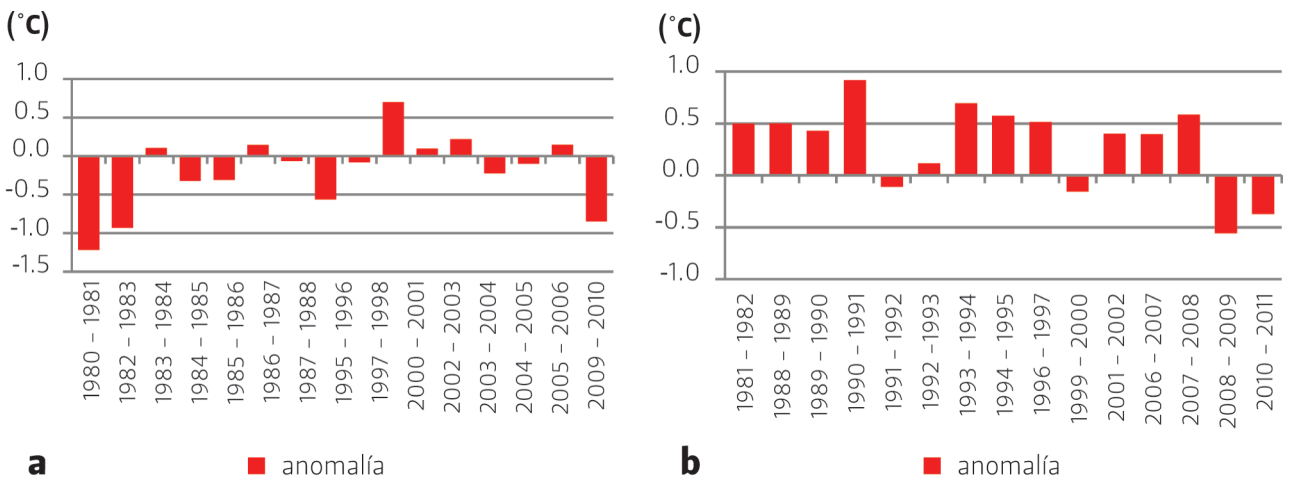


Fig. 9 Anomalías de las temperaturas máxima por temporada invernal en la región occidental de Cuba durante las fases negativa (a) y positiva (b) de la AO (1980-2011).

TABLA 2

Coefficiente de correlación de Pearson entre la temperatura media y el AOi por temporada invernal (1980-2011)

Temperatura	Coefficiente de correlación
Mínima	0,48*
Máxima	0,50*

Nota: Se destaca con el asterisco que son significativas a 5 %.

Análisis de las temperaturas notablemente bajas

Se analizaron los valores diarios de las temperaturas mínima y máxima reportada en cada estación me-

teorológica del occidente de Cuba para seleccionar los registros inferiores a 9 °C o 13 °C en el caso de las mínimas o inferiores a 21°C en el caso de las máximas. La muestra obtenida se estratificó según la fase de la AO y el análisis se realizó por meses y temporadas invernales.

Las tablas 3 y 4 muestran, respectivamente, la cantidad de registros de temperaturas mínima y máxima notables por meses, teniendo en cuenta la fase de la AO. En ambos casos, enero presenta mayor cantidad de registros, mientras que los meses de inicio y fin de la temporada invernal son los que menor cantidad poseen.

TABLA 3

Cantidad de registros de temperatura mínima notablemente fría y muy fría por meses en el occidente de Cuba, según AOi diario (1980-2011)

Meses	Total	AO+		AO-		AO neutra	
		Total	%	Total	%	Total	%
NOV	105	12	11,43	55	52,38	38	36,19
DIC	892	253	28,36	430	48,21	209	23,43
ENE	1867	320	17,14	981	52,54	566	30,32
FEB	1226	291	23,74	518	42,25	417	34,01
MAR	611	148	24,22	279	45,66	184	30,12
ABR	138	36	26,09	58	42,03	44	31,88
TOTAL	4839	1060	21,91	2321	47,96	1458	30,13

TABLA 4

Cantidad de registros de temperatura máxima ligeramente fría o inferior por meses en el occidente de Cuba, según AOi diario (1980-2011)

Meses	Total	AO+		AO-		AO neutra	
		Total	%	Total	%	Total	%
NOV	3	1	33,33	0	0	2	66,67
DIC	232	97	41,81	95	40,95	40	17,24
ENE	381	24	6,30	197	51,71	160	41,99
FEB	158	51	32,28	49	31,01	58	36,71
MAR	82	21	25,61	30	36,59	31	37,80
ABR	1	0	0	1	100	0	0
TOTAL	857	194	22,64	372	43,40	291	33,96

En las tablas anteriores se puede apreciar que 47,96 % y 43,40 % de las veces que las temperaturas mínima y máxima registró, respectivamente, valores notablemente bajos, la AO se encontraba en la fase negativa, superando ampliamente las ocasiones en que esto ocurrió durante la fase positiva o neutra.

La figura 10 muestra la cantidad de registros de temperaturas notablemente bajas en la región occidental de Cuba y el AOi por temporada invernal. Se aprecia que las temporadas con AOi- poseen mayor cantidad de registros que las de AO+.

lo cual favorece la imposición de un flujo del cuarto cuadrante y que las masas de aire más frío de origen polar y(o) ártico se desplacen hasta la zona tropical, donde se encuentra ubicada Cuba. Como estas masas de aire son más secas y frías, al influir sobre el archipiélago cubano provocan temporadas invernales con descensos significativos en las temperaturas.

Estos mismos autores plantean que durante la fase positiva predomina un flujo positivo (oeste-este) sobre el continente norteamericano, lo que disminuye el intercambio extratropical-tropical e incide en que el movimiento de las masas de aire se mantenga sobre

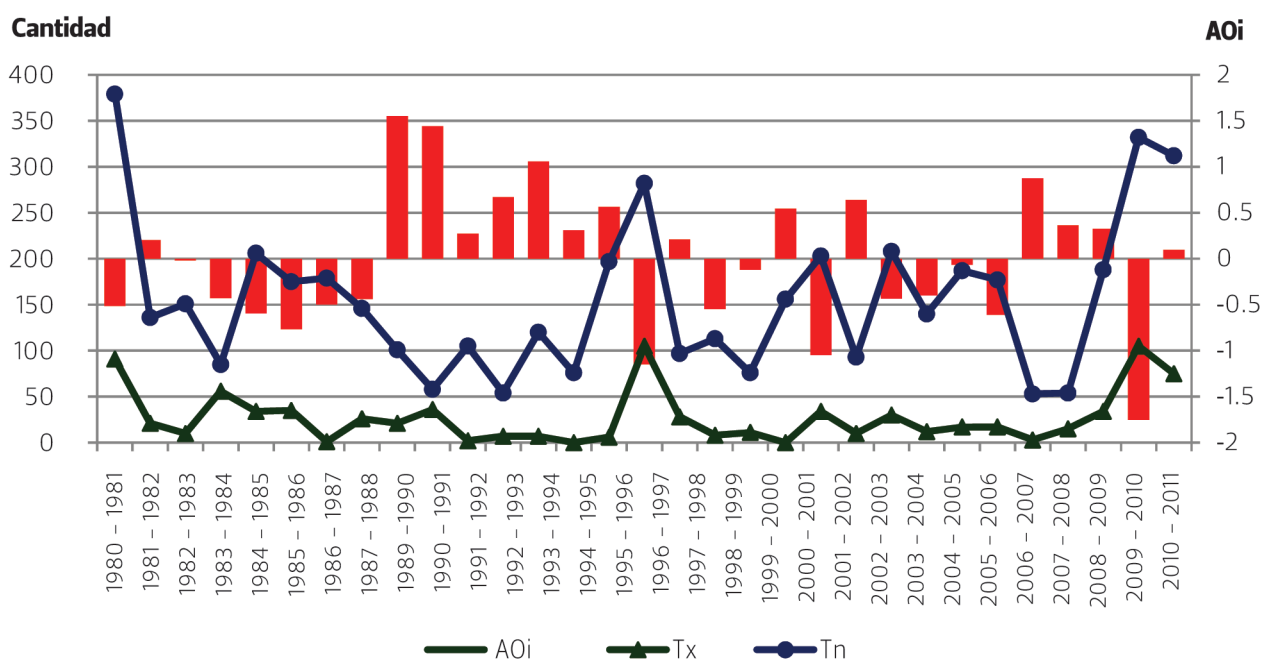


Fig. 10 Cantidad de registros de temperaturas mínima (Tn) y máxima (Tx) notablemente bajas en la región occidental de Cuba e AOi por temporada invernal (1980-2011).

Discusión

Durante la fase negativa de la AO, las temperaturas mínima y máxima medias son inferiores a la media climatológica del período, mientras que durante la fase positiva resultan mayores. Estos resultados confirman lo planteado por Zárate (2013) y Cedeño (2015a y 2015b), puesto que durante la fase negativa se incrementa el intercambio de energías norte-sur,

las latitudes medias y altas sin afectar al occidente cubano, donde persiste la influencia de una masa de aire más cálida y húmeda de origen oceánico, que no posibilita el descenso tan marcado de las temperaturas.

Conclusiones

1. Durante la fase positiva (negativa) de la AO, las temperaturas mínima y máxima medias mensuales son

- superiores (inferiores) a la media climatológica.
2. Enero es el mes de mejores correlaciones entre las temperaturas medias mensuales y el índice de la AO, aunque para las temperaturas máximas también se obtuvieron correlaciones significativas en febrero, abril y diciembre.
 3. Las temporadas invernales con AO+ registran temperaturas medias superiores a las de AO-.
 4. Los descensos más significativos de temperaturas mínimas y máximas ocurren preferentemente durante la fase negativa de la AO.

Referencias bibliográficas

- ACOSTA, H. 2014. *La Oscilación del Atlántico Norte y el comportamiento de la temporada invernal en la región occidental de Cuba*. Tesis de diploma. Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Aplicadas, Facultad de Medio Ambiente, Cuba.
- BALDWIN, M. & DUNKERTON, T. 1999. Propagation of the Arctic oscillation from the stratosphere to the troposphere, *Journal of Geographical Sciences*, 104, 30937-30946.
- BARNSTON, A & LIVEZEY, R. 1987. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns, *Monthly Weather Review*, 115 6, 1083-1126.
- CEDEÑO, Y. 2015a. *Influencia de la Oscilación Ártica en el comportamiento de las temporadas invernales en el occidente de Cuba*. Tesis de maestría, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana.
- CEDEÑO, Y. 2015b. Oscilación Ártica y frentes fríos en el occidente de Cuba, *Revista Cubana de Meteorología*, 21 1, 91-102.
- CPC. 2014. Climate Prediction Center, Washington, Estados Unidos de América. Disponible en el sitio web: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/tele-doc/ao.shtml>
- FLORIDO, A & LECHA, L. 1985. *Regionalización Climática de Cuba en base al régimen térmico*. Nuevo At-
las Nacional de Cuba, Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba.
- FONSECA, C. 2008. *La Oscilación del Atlántico Norte, los índices de circulación atmosférica y la lluvia en Cuba*. Tesis de doctorado, Instituto de Meteorología, Cuba.
- HERNÁNDEZ, B. 2002. El Niño-Oscilación del Sur ENOS y los frentes fríos que arriban a la región occidental cubana, *Revista de Investigaciones Marinas*, 30 2.
- HURRELL, J. 1995. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation Regional Temperatures and Precipitation *Science* 269, 676-679.
- INSMET 2012. Manual de Procedimientos inédito, Centro Nacional de Pronósticos, Cuba.
- JÚSTIZ, A. 2010. *Circulación troposférica asociada a los frentes fríos fuertes que han afectado a Cuba en el período 1950-2008*. Trabajo de diploma, Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Aplicadas, Facultad de Medio Ambiente, Cuba.
- LECHA, L., PAZ, L. & LAPINEL, B. 1994. *El clima de Cuba*, Ed. Academia, Cuba, 186 pp.
- LORENZ, E. 1951. Seasonal and irregular variations of the Northern Hemisphere sea-level pressure profile, *Journal Meteorological*, 8, 52-59.
- NAMIAS, J. 1950. The index cycle and its role in the general circulation, *Journal Meteorological*, 7, 130-139.
- ROSSBY, C. 1939. Relation between variations in the intensity of the zonal circulation of the atmosphere and the displacements of the semi-permanent centers of action, *Journal of Marine Research*, 2, 38-55.
- RUBIERA, J. 1984. *Enero-marzo de 1983: Un análisis del período invernal más severo registrado en Cuba*. Memorias del I Seminario Taller de Desastres Naturales, UNDRO, La Habana.
- RUBIERA, J., & CAYMARES, A. 1998. Eventos del tiempo severo inducidos por el ENSO en la temporada invernal cubana, *Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos*, 27 3, 845-855.

- THOMPSON, D. 2000. Annular Modes in the Extratropical Circulation. Part I: Month-to-Month Variability, *Journal Climate*, 13, 1000-1016.
- THOMPSON, D. & HEGERL, G. 2000. Annular Modes in the Extratropical Circulation. Part II: Trends, *Journal Climate*, 13, 1018-1036.
- THOMPSON, D. & WALLACE, J. 1998. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields, *Geophysical Research Letters*, 25, 1297-1300.
- VAN LOON, H & ROGERS, J. 1978. The seesaw in winter temperatures between Greenland and northern Europe. Part I: general description, *Monthly Weather Review*, 106, 296-310.
- WALKER, G. & BLISS, E. 1932. *World Weather V*. Memoirs of the Royal Meteorological Society, 4, 53-83.
- WALLACE, J. 2000. North Atlantic Oscillation / Annular Mode: Two paradigms- One Phenomenon, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 126, 791-805.
- ZÁRATE, E. 2013. Climatología de masas invernales de aire frío que alcanzan Centroamérica y el Caribe y su relación con algunos índices Árticos, *Revista Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 12 1.