

## Influencia de la Oscilación del Atlántico Norte en el clima de los mares interamericanos

### Influence of the North Atlantic Oscillation on the climate of the inter-American seas



<https://eqrcode.co/a/AK3GnL>

Graciela González-González\*, Amílcar Calzada-Estrada, Alejandro Rodríguez-Pupo

Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas

**RESUMEN:** Han sido varios los avances logrados en la comprensión de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO por sus siglas en inglés), pero aún existen incertidumbres respecto a su nivel de influencia sobre el clima de los mares interamericanos. A esto se suma el hecho de que la mayor parte de los estudios relacionados con el tema se refieren a latitudes medias y altas, mientras que para la región tropical resultan escasas las investigaciones que abordan de manera directa la influencia de la NAO en el comportamiento de las variables oceanográficas y atmosféricas que componen el clima de esta región. Es por ello que en este trabajo se decidió analizar esta influencia en el período de 1980 - 2016. Se utiliza el software GrADS para determinar y representar el coeficiente de correlación entre las variables oceanográficas y el índice NAO. En el estudio se obtuvo que los mayores valores del coeficiente aparecen en el área del mar Caribe y que con seis meses de antelación, tanto a la fase positiva como negativa de la NAO, en la relación que se establece entre la temperatura superficial del mar y el índice NAO, se observa un patrón zonal.

**Palabras clave:** NAO, variables oceanográficas, coeficiente de correlación.

**ABSTRACT:** There have been several advances made in understanding the North Atlantic Oscillation (NAO), but there are still uncertainties regarding its level of influence on the marine climate of the inter-American seas. In addition, the fact that most of the studies related to the subject refer to medium and high latitudes, while for the tropical region there are few researches that directly address the influence of the NAO in the behavior of the oceanographic and atmospheric variables that make up the climate of this region. That is the reason why this paper determines the influence of the NAO on oceanographic variables in the inter-American seas in the period of 1980-2016. The GrADS software is used to determine the correlation coefficient between the variables and the NAO index. It was obtained that the highest values of the coefficient appear in the area of the Caribbean Sea and that six months before NAO event in the relationship established between the sea surface temperature and the NAO index, a zonal pattern is observed.

**Key words:** NAO, oceanographic variables, correlation coefficient.

## INTRODUCCIÓN

Estudios realizados en Cuba (Centella *et al.*, 1997; Naranjo, 1994; Pérez *et al.*, 2009) han demostrado que a partir de la década de 1970 se ha producido un cambio significativo en el clima de la mayor de las Antillas, asociado a cambios en los patrones de circulación sobre la región del Caribe y el golfo de México. Entre las principales variaciones del clima se hallan las tendencias significativas al aumento de la temperatura media anual del aire, debido fundamentalmente al incremento de las temperaturas durante la temporada invernal (Fonseca, 1989), las modificaciones en el patrón anual de precipitaciones, caracterizadas por incrementos en los totales de lluvia durante el período poco lluvioso (Cutie *et al.*, 1986) y el incremento en

la frecuencia de afectación de eventos meteorológicos extremos (lluvias intensas, tormentas locales severas, sequías, entre otros) (Centella *et al.*, 2001). Sin embargo, hasta el presente, las evidencias sugieren que los cambios observados parecen estar asociados a oscilaciones o ciclos de muy baja frecuencia en las condiciones climáticas de fondo, dentro de procesos de la variabilidad natural del clima (Centella *et al.*, 2001).

Con relación a estas y otras manifestaciones anómalas en el área geográfica mencionada, la comunidad científica se ha planteado diferentes respuestas, entre las que se encuentran aquellas que pudieran devenir de una mejor comprensión de un "modo de variabilidad climática", como lo es la Oscilación del Atlántico Norte (NAO por sus siglas en inglés).

\*Autor para correspondencia: Graciela González-González. E-mail: [gracy.gonzalez2604@gmail.com](mailto:gracy.gonzalez2604@gmail.com)

Recibido: 12/01/2021

Aceptado: 03/05/2021

Numerosos estudios foráneos han intentado esclarecer la relación de la NAO con los patrones anómalos de la circulación atmosférica y sus posibles implicaciones climáticas en diferentes escalas espaciales y se han encontrado evidencias que sugieren una significativa influencia de este modo de variabilidad atmosférica en la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos (Hurrell *et al.*, 2003) particularmente durante el invierno boreal, cuando la NAO alcanza su mayor intensidad. En el ámbito nacional, estudios realizados por varios investigadores (Acosta, 2014; Cárdenas & Naranjo, 1998; Espinosa, 2018; Fonseca, 2008; Jústiz, 2010; Rivero & Ortiz, 2005) vincularon de una manera u otra, los cambios en las condiciones climáticas de Cuba, con modificaciones de los patrones de circulación atmosférica a escala regional, asociadas a la influencia de las diferentes fases de la NAO.

En la actualidad se continúa el estudio de la influencia de la NAO sobre la variabilidad climática en diferentes regiones del mundo, incrementándose el interés sobre este tópico en los países de la región tropical, pues las evidencias indican que aún en latitudes bajas se manifiestan los patrones del tiempo anómalos, asociados a las fases extremas de la NAO, mediante complejos mecanismos de conexión.

La NAO influye fuertemente al Océano Atlántico introduciendo modificaciones sustanciales en los patrones de vientos superficiales, de este modo, altera el intercambio de calor en la superficie del océano y el agua contenida dentro de la atmósfera, lo que produce alteraciones que afectan las características de la circulación termohalina del Atlántico (IPCC, 2001). Es por ello que algunos investigadores vinculan las recientes tendencias de la NAO con el aumento progresivo de la temperatura superficial del océano tropical, como consecuencias de las teleconexiones.

Los recientes análisis estadísticos, revelan patrones de Temperatura Superficial del Mar (TSM), que preceden las dos fases específicas de la NAO, con unos 6 meses de anticipación (un proceso muy semejante al del El Niño-Oscilación del Sur) (Kim & Schneider, 2003). La baja frecuencia de la variabilidad climática en el Atlántico Norte no es solamente un ruido en la estocasticidad de la atmósfera, sino que también contiene una respuesta estructurada a los cambios en la temperatura superficial del océano o en la extensión del casquete polar.

A pesar de los avances logrados en la comprensión de este fenómeno climático, aún existe mucha incertidumbre respecto a los mecanismos que rigen sus modos de variabilidad temporal y en correspondencia su nivel de influencia sobre las variables oceanográficas (TSM, salinidad y magnitud de las corrientes marinas). A esto se suma el hecho de que la mayor parte de los estudios relacionados con el tema se refieren a latitudes medias y altas, mientras que para la región tropical y sobre todo para Cuba, resultan escasas las

investigaciones que abordan de manera directa la influencia de la NAO.

## OBJETIVOS

Calcular y visualizar los valores del coeficiente de correlación entre el índice NAO y las variables oceanográficas en la región de los mares Interamericanos.

Analizar la posible relación entre el evento NAO y las variables oceanográficas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se realizó una correlación entre las variables oceanográficas y el índice NAO en el área que comprende la región de los mares Interamericanos (mar Caribe, golfo de México y Atlántico cercano), que se localizan desde los 5° N a los 35° N y desde los 100° W a los 55° W.

Entre las variables analizadas está la TSM en el período 1982-2012, cuyos valores se obtuvieron del servidor web THREDDS<sup>1</sup> (TDS), el cual contiene datos diarios con una resolución espacial de 1Km.

Los valores del período de la ola pico y la altura de la ola significativa, que fueron extraídos del sitio web: Estos datos se obtienen a partir del modelo NOAA WAVEWATCH III<sup>2</sup> (Tolman, 2002), que se ejecuta cuatro veces al día. Las corridas operativas presentan diferentes tipos de salidas, pero se emplearon las salidas numéricas de reanálisis, distribuidas en archivos mensuales con una frecuencia temporal de tres horas.

En el caso de las componentes zonal y meridional del viento por la relación que muestra con la NAO, según la bibliografía consultada, y su influencia sobre los parámetros del oleaje se decidió realizar el mismo procesamiento que con las variables oceanográficas. Para ello se tomaron los datos del Sistema de Pronóstico de Clima (CFS por sus siglas en inglés). Un modelo que representa la interacción global entre el océano, la tierra y la atmósfera y ofrece datos por hora con una resolución de hasta medio grado (aproximadamente 56km) (Saha *et al.*, 2010). Los datos están disponibles en el sitio web: <https://cfs.ncep.noaa.gov/cfsr>.

En este trabajo se utilizaron las series mensuales del índice NAO, en el período 1982-2016, basado en la diferencia de las anomalías estandarizadas de presión atmosférica a nivel del mar entre las estaciones ubicadas en Lisboa, Portugal y Stykkisholmur, Islandia. Este resulta ser el más adecuado para caracterizar el comportamiento del evento, debido a que las estaciones utilizadas presentan las localizaciones más cercanas a la posición media de los centros de acción asociados a la NAO y, por tanto, reflejan de manera más fidedigna el gradiente meridional medio entre ambos centros de presión (Hurrell, 1995).

Estos datos calculados por Hurrell están disponibles en el sitio Web del Centro de Predicciones Climáticas

de Washington (CPC por sus siglas en inglés), en los Estados Unidos: [www.cpc.ncep.noaa.gov](http://www.cpc.ncep.noaa.gov).

En atención a las características de las variables en estudio, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) que es un índice numérico capaz de medir y cuantificar la fortaleza de la relación lineal entre dos variables, de fácil interpretación y de amplio uso en la actualidad. Este tiene la ventaja que el valor de la correlación no depende de la unidad de medida de la variable.

Para determinar la correlación, los elementos de ambas series numéricas deben tener la misma representatividad. En este caso como la serie del índice NAO contiene valores mensuales, las restantes series para ejecutar este proceso deben contener valores mensuales, además para entrar en armonía con los estudios que han sido identificados como antecedentes a esta investigación.

### Detalles del procedimiento

Para dar cumplimiento a lo anteriormente planteado, es necesario con la ayuda del software CDO calcular la media mensual de las variables analizadas en la investigación y obtener un fichero con formato NetCDF. Los valores del índice NAO se encuentran en un fichero de texto y con el empleo del mismo software, CDO, se obtiene un fichero con formato NetCDF con las mismas características del que contiene las variables, lo que permite unir ambos ficheros y facilitar el trabajo para realizar la correlación entre el índice y las diferentes variables.

Todos los datos de las variables consideradas han sido almacenados en archivos sobre los nodos de mallas (rejillas) regulares. Así que las correlaciones realizadas han tenido lugar entre series numéricas y series matriciales. De esta manera, para cada nodo de las mallas se obtiene un valor del coeficiente de correlación, cuyos resultados podrán verse a través de un análisis espacial en todo el dominio de trabajo.

La correlación se obtiene a través del software GrADS de manera directa, a partir del fichero obtenido con anterioridad y para lograr una mejor visualización de los resultados, se representan en mapas.

La herramienta se ejecuta a través de una ventana de comandos, a la que se le insertan las órdenes para el procesamiento y obtención de las imágenes, pero este modo de trabajo es impropio cuando la cantidad de archivos y comandos resulta elevada en exceso. Para ello, con el propósito de optimizar y facilitar el trabajo, se implementaron una serie de scripts para ejecutar los comandos con una alta seguridad, a mayor velocidad y sin la presencia de una interacción permanente, que automáticamente exporta los mapas de cada una de las correlaciones. De esta manera se obtuvo cada una de las imágenes, estableciéndose un formato uniforme que permitiera la comparación entre los mapas, los valores de correlación y las variables con mayor influencia del índice NAO.

Los valores del coeficiente de correlación por sí solos no pueden indicar que existe una relación de causalidad, por eso se realiza un segundo procedimiento en el que se siguen los pasos anteriores, pero en este caso se realiza un desfase entre las variables y el índice, desde 1 hasta 7 meses antes de las fases, tanto positiva como negativa, de la NAO y desde 1 hasta 7 meses después de las fases de la NAO. El objetivo que se persigue es obtener los tiempos de retardo para determinar cuánto tiempo después de que se produzca una u otra fase de la NAO, las variables son afectadas por este evento, o si de lo contrario existe algún patrón en el comportamiento de las mismas que permita identificar la ocurrencia de dicho evento. De esta forma sería posible tener indicios de cuál sería la causa o el efecto en cada proceso.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A pesar de conocer que una correlación aislada no brinda elementos para identificar cuáles de las dos variables pudiera ser la causa y cual el efecto producido, a través del procedimiento propuesto para obtener los mapas de los análisis del índice de correlación, se tiene una incipiente explicación de la influencia del proceso que se analiza. Con los desfases mensuales realizados previamente e identificados los mayores valores de correlación, se tiene una idea no sólo del elemento generador, sino además del tiempo que demora en hacerse presente la mencionada consecuencia. A continuación, se muestran los mapas con mayores valores de correlación para cada variable.

### Temperatura Superficial del Mar (TSM) y su relación con el índice NAO

Al analizar la correlación existente entre la TSM y el índice NAO, los mayores valores de los coeficientes de correlación aparecen 6 meses antes de que se produzca una u otra fase de la NAO (figura 1).

Se observa un patrón zonal en el que se establece una relación directa entre la TSM y el índice, mostrando los mayores valores en las latitudes más altas de la zona de estudio. Este comportamiento coincide con lo planteado por (Kim & Schneider, 2003) citados por (Sánchez-Santillán *et al.*, 2006).

Para los análisis correspondientes al resto de los desfases no se observan valores significativos.

En la figura 2 se puede observar la correlación entre ambos parámetros sin desfase. En este caso también se aprecia un patrón parcialmente zonal con una relación inversa entre la variable y el índice para la generalidad de la región, mostrando los mayores coeficientes de correlación en las costas del Caribe colombiano con valores entre -0.3 y -0.4. Aunque se consideran como débiles, la correlación es estadísticamente significativa, resultados que coinciden con los obtenidos por (Bernal *et al.*, 2006).



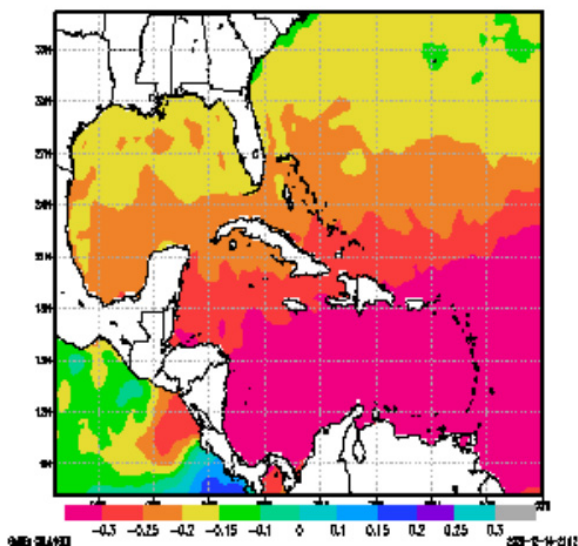


Figura 1. Análisis espacial de la correlación entre el índice NAO y la TSM con seis meses de antelación a una u otra fase de la NAO.

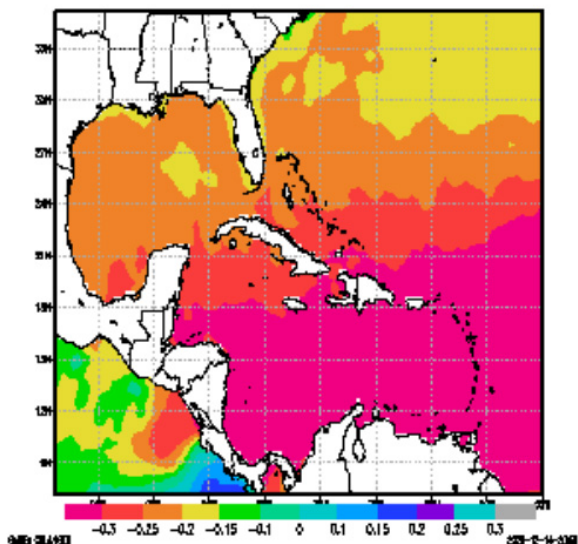


Figura 2. Análisis espacial de la correlación entre el índice NAO y la TSM sin desfase.

Se pudiera concluir además que, para este escenario sin desfase, los mayores valores se obtienen en una relación inversa, ubicada en el Caribe central y oriental. Este resultado debe considerarse como un análisis complementario en aras de buscar una explicación física apropiada.

#### Altura de la ola significativa (HS) y su relación con el índice NAO

Al analizar la correlación entre la altura de la ola significativa y el índice NAO, se obtiene que los mayores coeficientes de correlación aparecen en dos instantes: en el escenario construido sin desfase y cuatro meses después de un evento de la NAO.

En el primero de ellos existe una zona bien extensa con valores entre 0.3 y 0.6 que contempla la costa este de los Estados Unidos, las aguas cercanas al territorio cubano y el Caribe oriental. Considerando todos los procesos atmosféricos que originan oleaje en el área mencionada, se puede decir que estos valores son bastante representativos (figura 3)

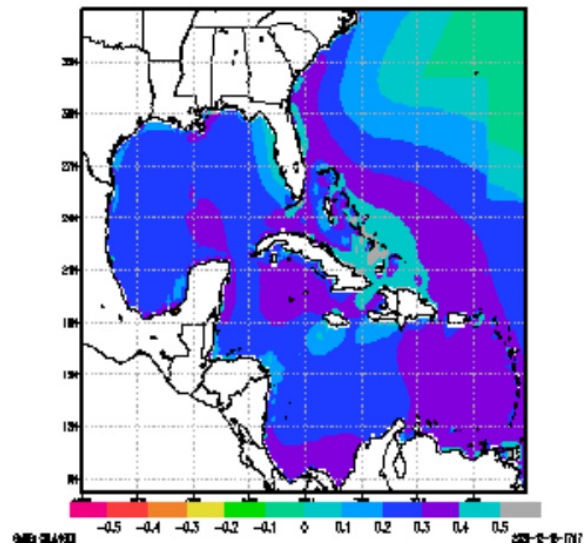


Figura 3. Análisis espacial de la correlación entre el índice NAO y la altura de la ola sin desfase.

Se puede observar en la figura 4 que, para los cuatro meses de desfase, se establece una relación directa entre la variable y el índice en el mar Caribe central y oriental, mientras que en el golfo de México la relación que se establece es inversa.

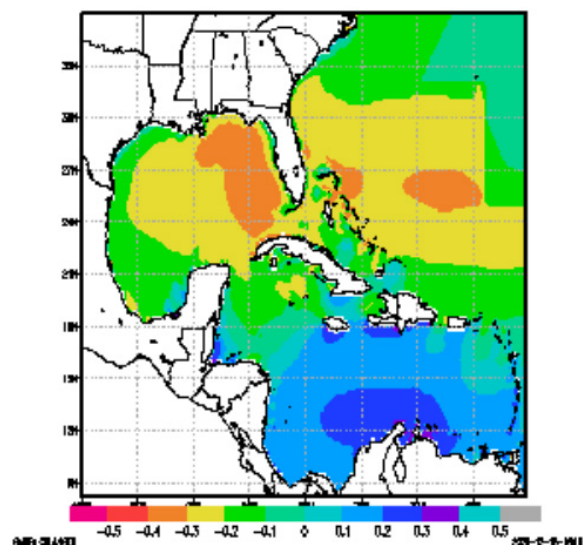


Figura 4. Análisis espacial de la correlación entre el índice NAO y la altura de la ola significativa cuatro meses después de una u otra fase de la NAO.

### Período de la ola (TP) y su relación con el índice NAO

En el caso del período de la ola, la relación que se establece con el índice NAO es muy similar a lo que sucede con la altura de la ola significativa. Se puede observar (figura 5) cómo en el golfo de México la relación es inversa mientras que para el mar Caribe la relación es directa, solo que en el caso de esta variable los valores de los coeficientes de correlación que se obtuvieron son mucho menores que los de la variable descrita con anterioridad.

Los escenarios donde se obtuvieron los mayores valores son los de cuatro y seis meses de desfase, concentrados al sur del archipiélago cubano. (figura 5 y figura 6)

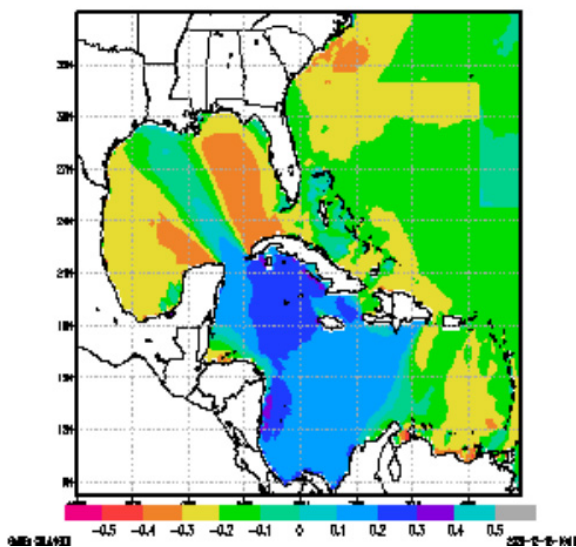


Figura 5. Análisis espacial de la correlación entre el índice NAO y el período pico de la ola cuatro meses después de una u otra fase de la NAO.

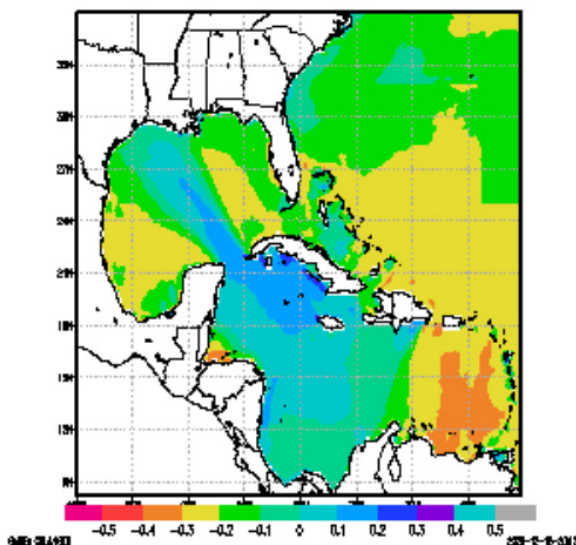


Figura 6. Análisis espacial de la correlación entre el índice NAO y el período pico de la ola seis meses después de una u otra fase de la NAO.

### Magnitud del viento y su relación con el índice NAO

Como se puede observar en la figura 7, existen dos grupos de áreas donde se concentran los mayores valores de correlación: uno con relación directa y otro con una relación inversa. En el primero se encuentra la costa sotavento de América Central, con máximos de 0.2 a 0.3 en el oeste del golfo de México, desde la península de Yucatán hasta Honduras y al norte del golfo de Venezuela. El segundo se localiza en la zona del golfo de México, próxima a la península de la Florida donde se obtienen valores entre -0.2 y -0.3.

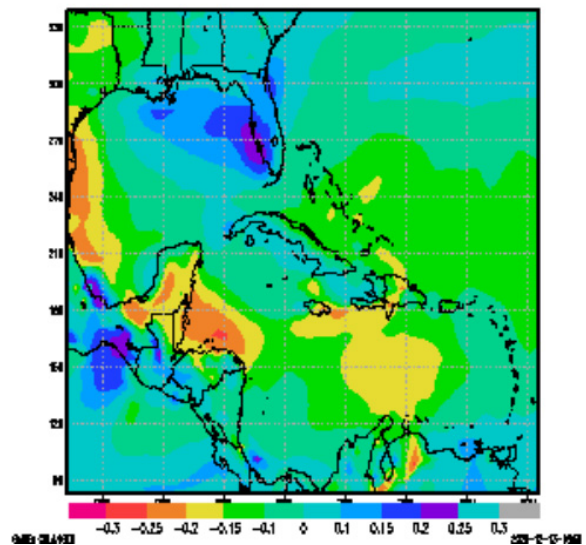


Figura 7. Análisis espacial de la correlación entre el índice NAO y la magnitud del viento cuatro meses después de una u otra fase de la NAO.

Se pudiera analizar en un futuro los valores encontrados en el escenario con siete meses anteriores con valores entre -0.2 y 0.35, ubicados en la porción sur de la zona de estudio.

De forma general casi todas las variables que se analizaron muestran una respuesta a la NAO entre 3 y 6 meses después de producirse el evento, sin embargo, la TSM muestra seis meses antes un patrón zonal que podría sugerir como va a ser el comportamiento de la NAO en los próximos meses. Esto permite tener indicios de la relación que se establece entre esta variable y la oscilación, por lo que sería muy oportuno en un futuro profundizar en este aspecto, debido a lo importante que es la TSM y que podría ser muy útil en los pronósticos sobre el comportamiento de la NAO.

### CONCLUSIONES

Se obtuvieron los mapas de los valores del coeficiente de correlación que muestran la relación entre el índice y las variables, a través de análisis espaciales.

Los mayores valores del coeficiente de correlación se obtuvieron en el área del Caribe, con valores alrededor de 0.6.

Se mostró un patrón zonal en la correlación entre la temperatura superficial del mar y el índice NAO, seis meses antes del desarrollo de las fases negativas y positivas del evento.

Se encontró una relación en el comportamiento de la magnitud del viento, la altura de la ola significativa y el período de la ola ante la influencia de la NAO 4 meses después de que ocurra una u otra fase de la oscilación.

## 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, 140 p.
- Bernal, G.; Poveda, G.; Roldán, P. & Andrade, C. 2006. "Patrones de variabilidad de las temperaturas superficiales del mar en la costa Caribe colombiana". *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 30(115), 195-208.
- Cárdenas, P. & Naranjo, L. 1998. "Un índice empírico de ocurrencia de ENOS, papel en la predictibilidad de eventos climáticos". *Boletín SOMETCUBA*, 4(1).
- Centella, A.; Llanes, J. & Paz, L. 2001. *República de Cuba: Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. La Habana: Instituto de Meteorología de Cuba, 169 p.
- Centella, A.; Naranjo, L.; Paz, L.; Cárdenas, P.; Lapinel, B.; Ballester, M.; Pérez, R.; Alfonso, A.; González, C. & Limia, M. 1997. *Variaciones y cambios del clima en Cuba*. Reporte de Investigación., La Habana, Cuba: Centro Nacional del Clima, Instituto de Meteorología, 59 p.
- Cutié, V.; Vega, R.; Cioffi, D. & Centella, A. 1986. *Análisis de la lluvia caída en Cuba, basado en una clasificación de sequía y la aplicación de una prueba progresiva para el cálculo de la tendencia*. Reporte de Investigación., La Habana: Instituto de Meteorología de Cuba, 51 p.
- Espinosa, D. 2018. *Comportamiento y variabilidad de los sistemas invernales que afectan a Cuba*. Tesis de Diploma, La Habana: Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, UH, 77 p.
- 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, 125 p.
- Fonseca, C. 1989. *Análisis de la tendencia de la temperatura media del aire*. Tesis de Diploma. La Habana: Universidad de La Habana, 41 p.
- Hurrell, J. W. 1995. *Decadal trends in the North Atlantic oscillation: regional temperatures and precipitation*. Available: <<https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-36d0b20c-0206-3d04-a617-bdf247f5331c>>, [Consulted: September 4, 2020].
- Hurrell, J. W.; Kushnir, Y.; Ottersen, G. & Visbeck, M. 2003. "The North Atlantic Oscillation: climatic significance and environmental impact". *Geophysical Monograph Series*, 134: 1-35, Washington, DC, ISSN: 0065-8448.
- IPCC 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 881 p.
- Jústiz, A. C. 2010. *Circulación troposférica asociada a los Frentes Fríos Fuertes que han afectado a Cuba en el periodo 1950 - 2008*. Tesis de diploma, La Habana, Cuba: INSTEC, 113 p.
- Kim, J. H. & Schneider, R. R. 2003. "Low-latitude control of interhemispheric sea-surface temperature contrast in the tropical Atlantic over the past 21 kyears: the possible role of SE trade winds". *Climate Dynamics*, 21(3): 337-347, ISSN: 1432-0894, DOI: [10.1007/s00382-003-0341-5](https://doi.org/10.1007/s00382-003-0341-5).
- Naranjo, L. 1994. *Uso de los Índices de Circulación para la caracterización de las condiciones atmosféricas en las inmediaciones de Cuba*. Reporte de Investigación. Grupo Nacional de Pronóstico a Largo Plazo, La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología, 52 p.
- 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*. (ser. Segunda Comunicación de Cuba a la convención marco de las naciones unidas sobre Cambio Climático), Reporte de Investigación., La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.
- Rivero, A. & Ortiz, P. 2005. "EL índice NAO como elemento modulador de la variabilidad climática del periodo lluvioso en Cuba". *Revista Colombiana de Meteorología*, 9: 67-74.
- Saha, S.; Moorthi, S.; Pan, H.-L.; Wu, X.; Wang, J.; Nadiga, S.; Tripp, P.; Kistler, R.; Woollen, J.; Behringer, D.; Liu, H.; Stokes, D.; Grumbine, R.; Gayno, G.; Wang, J.; Hou, Y.-T.; Chuang, H.; Juang, H.-M. H.; Sela, J.; Iredell, M.; Treadon, R.; Kleist, D.; Van Delst, P.; Keyser, D.; Derber, J.; Ek, M.; Meng, J.; Wei, H.; Yang, R.; Lord, S.; van den Dool, H.; Kumar, A.; Wang, W.; Long, C.; Chelliah, M.; Xue, Y.; Huang, B.; Schemm, J.-K.; Ebisuzaki, W.; Lin, R.; Xie, P.; Chen, M.; Zhou, S.; Higgins, W.; Zou, C.-Z.; Liu, Q.; Chen, Y.; Han, Y.; Cucurull, L.; Reynolds, R. W.; Rutledge, G. &



- Goldberg, M. 2010. "The NCEP Climate Forecast System Reanalysis". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91(8): 1015-1058, ISSN: 0003-0007, DOI: [10.1175/2010BAMS3001.1](https://doi.org/10.1175/2010BAMS3001.1).
- Sánchez-Santillán, N.; Signoret-Poillon, M. & Garduño-López, R. 2006. "La Oscilación del Atlántico Norte: un fenómeno que incide en la variabilidad climática de México". *Ingeniería, investigación y tecnología*, 7(2): 85-95, ISSN: 1405-7743.
- Tolman, H. L. 2002. *User manual and system documentation of WAVEWATCH III version 2.22*. Technical Note, no. 222, National Oceanic and Atmospheric Administration, 123p.

**Conflictos de intereses:** Los autores declaran no presentar conflicto de intereses.

**Contribución de los autores:** Concepción de la idea: **Amílcar E. Calzada Estrada, Graciela González González**. Manejo de los datos: **Graciela González González**. Análisis de los datos: **Graciela González González**. Investigación: **Graciela González González**. Metodología: **Graciela González González**. Supervisión: **Amílcar E. Calzada Estrada, Alejandro Rodríguez Pupo**.

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/)