

Comportamiento y variabilidad de las Bajas Extratropicales que afectan a Cuba.

Variability of Extratropical Cyclones in Cuba

 Diana Laura Espinosa Carballo*, Elier Pila Fariñas

Departamento de Meteorología, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad de la Habana, La Habana 10400, Cuba

RESUMEN: En la presente investigación se expone el análisis del comportamiento de las bajas extratropicales (BE) que afectan a Cuba según su zona evolutiva, para los trimestres Octubre-Noviembre-Diciembre y Enero-Febrero-Marzo. Este comportamiento estacional se caracteriza bajo el forzamiento en conjunto de tres de los principales modos de variabilidad climática que determinan la circulación invernal en el hemisferio norte: El Niño/Oscilación del Sur (ENOS), Oscilación Ártica (AO) y Oscilación del Atlántico Norte (NAO). Este análisis se realiza con el propósito de determinar en qué porcentaje cada una de estas oscilaciones, regula la influencia de las bajas extratropicales sobre Cuba en presencia de la variabilidad atmosférica impuesta por las otras, lo cual se realiza utilizando las pruebas de correlación de Pearson y de Spearman, y el Análisis de Componentes Principales (ACP). Entre los resultados obtenidos se denota que la influencia combinada de la fase positiva del ENOS y la fase negativa de la NAO en ambos trimestres, es mayor sobre las bajas extratropicales en la zona evolutiva del golfo de México que en la continental. Se destaca en el análisis estadístico realizado una correlación significativa entre las fases de la NAO y la AO. Y que sobre las bajas que se forman sobre la zona evolutiva continental, la mayor influencia es determinada por la Oscilación del Atlántico Norte y la Oscilación Ártica.

Palabras clave: Bajas Extratropicales, ENOS, OA, NAO, variabilidad climática, Análisis de Componentes Principales.

ABSTRACT: In this research it's made the analysis of the behavior of extratropical cyclones affecting Cuba, according to its evolutive zone, presented for the quarters October-November-December and January-February-March. This seasonal behavior is described by the joint forcing of oscillations: El Niño / Southern Oscillation (ENSO), Arctic Oscillation (AO) and North Atlantic Oscillation (NAO), three of the main modes of climatic variability that dominate winter's circulation in the northern hemisphere; with the purpose of defining how each oscillations regulates the number of these systems, in the presence of the atmospheric variability imposed by the others. The relation is established using Pearson's and Spearman's correlations tests, and the Principal Component Analysis (ACP). As results obtained, it is determinate the combined influence of the positive phase of the ENSO and negative one of the NAO, in both quarters. This effect is greater on the extratropical lows in the evolutive zone of the Gulf of Mexico than in the continental one, the NAO and the AO always correlate significantly each other. For the continental evolutionary zone the most important are the NAO and the AO.

Keywords: Extratropical cyclones, ENSO, AO, NAO, Climatic Variability, Principal Component Analysis.

INTRODUCCIÓN

La habilidad de la sociedad para reducir su vulnerabilidad a los desastres medioambientales está asociada a la aplicación de la información meteorológica y climática (Pérez, 2011).

La Predicción mensual y estacional a largo plazo del comportamiento de los sistemas meteorológicos, así como de la circulación en la atmósfera para diferentes regiones del mundo es de gran interés científico, social y económico; dada la influencia que tienen en el desarrollo de muchas actividades socio-económicas los posibles cambios de las variables asociadas a

ellos, pudiendo alterar su ritmo e incidir de manera catastrófica sobre un territorio determinado. Por lo que ese es el propósito a largo plazo de esta investigación, llevar a cabo un estudio integral para determinar la previsibilidad de anomalías estacionales en Cuba.

Las bajas extratropicales, conjuntamente con los frentes fríos y los "Sures"¹, forman la trilogía de los sistemas meteorológicos más importantes y variables que afectan a Cuba en el periodo seco o poco lluvioso del año (coincidente con la temporada invernal), los que influyen con significativos cambios en el campo de viento, la nubosidad y las precipitaciones, entre otras variables meteorológicas (Pila, 2009).

¹Vientos fuertes de región sur, sobre el occidente de Cuba, producidos por bajas extratropicales en el golfo de México.

*Autor para correspondencia: dianalespinosa18@gmail.com

Recibido: 19/03/2020

Aceptado: 07/11/2020



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

La base de toda clasificación asociada a la circulación general de la atmósfera es el desarrollo de una Climatología Sinóptica, ya que refleja las relaciones entre las condiciones de la circulación atmosférica de gran escala y el ambiente en superficie a escala regional o local (Barry y Perry 1973). Las mejores evidencias de esto lo reflejan en el caso de las BE, las investigaciones de Pila & González (2011) y González & Pila (2017) que abordaron las Climatologías de las Bajas Extratropicales (BE) que afectan a Cuba, teniendo en cuenta en el primer caso, el evento ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) en relación a su posible dominio en la variabilidad interestacional de la frecuencia de estos sistemas, y en el segundo caso, además del ENOS, la influencia de la Oscilación Ártica (AO).

De acuerdo a lo planteado por González y Pila (2017), se asume que la imposición de las fuertes variaciones zonales en el flujo atmosférico a escala sinóptica, modifica el comportamiento de estos sistemas, principalmente en la región occidental de Cuba, área geográfica del archipiélago cubano más expuesta a la interacción extratropical/trópico en ese período estacional. Este forzamiento, que se puede decir que determina un comportamiento anómalo de la circulación invernal, es provocado por la atribución de los patrones circulatorios que provienen del acoplamiento de la baja estratosfera con la columna troposférica, como por ejemplo, la Oscilación del Atlántico Norte, la Oscilación Ártica o la interacción entre ellas y/o con otros modos de variabilidad climática (también denominados oscilaciones), como el Niño - Oscilación del Sur (ENOS). Las dos primeras presentan dos fases cada una de ellas, una negativa (fría) y otra positiva (cálida), pero sin una regularidad determinada en la escala temporal (González & Pila, 2017).

El ENOS y la NAO se hallan entre los principales factores de forzamiento de la variabilidad climática (Fonseca, 2008), siendo el primero, la principal fuente de variabilidad interanual en los trópicos; mientras que esta última ha sido centro de creciente atención en las últimas décadas por constituir el modo de variabilidad atmosférica más prominente del Atlántico norte, presentando las mayores señales climáticas durante el período invernal del hemisferio norte (Barnston & Livezey, 1987; Hurrell, 1995; Hurrell *et al.*, 2003; Hurrell & Deser, 2009; Acosta, 2014). Su equivalente hemisférico, la Oscilación Ártica, que en los extratropicos, es el patrón individual más importante de la variabilidad interanual del hemisferio norte (Thompson & Wallace, 1998).

Pila (2009) refiere después del análisis realizado, que existe una relación entre la cantidad de bajas extratropicales que afectan a Cuba y la presencia de un evento ENOS con intensidad moderada y fuerte, lo que condiciona que se observe un aumento significativo en el número de casos de BE sobre el territorio cubano. No obstante, la estrecha relación de los sistemas extratropicales con los eventos expuestos an-

teriormente, no es tan evidente la asociación de los ENOS más extremos con los máximos en el número de BE, pues valores similares en la cantidad de sistemas extratropicales han ocurrido bajo los efectos de eventos ENOS de distintas intensidades y eventos de similar intensidad no han producido el mismo aumento en la cantidad de casos por temporada.

Por lo anterior se infiere que en esta variabilidad pudieran incidir otras oscilaciones de la circulación océano - atmósfera. Por tanto, en este trabajo se persigue determinar cómo influyen el ENOS, la NAO y la AO sobre el comportamiento estacional de las bajas extratropicales que afectan a Cuba, teniendo en cuenta sus zonas evolutivas, en los trimestres octubre-diciembre y enero-marzo en el período de 1950-2015.

MATERIALES Y MÉTODOS

El entorno geográfico seleccionado para el estudio comprende desde los 10° N a los 50° N y desde los 110° W a los 50° W como muestra la Figura 1, en el cual se analizará la muestra de los posibles casos a estudiar. Esta área fue escogida por ser representativa en el estudio de los patrones circulatorios asociados a los sistemas meteorológicos invernales que afectan el archipiélago cubano.

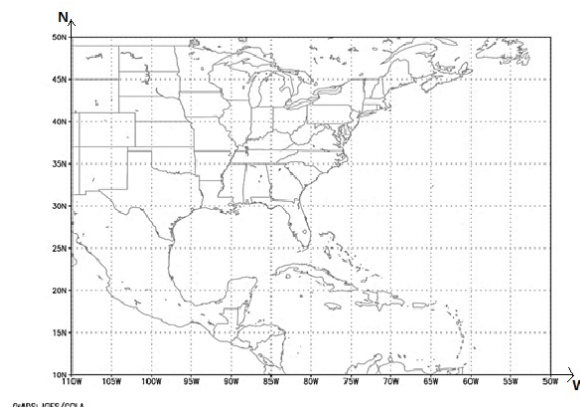


Figura 1. Dominio de estudio.

Una vez consultadas las cronologías de las bajas extratropicales, se realizó la selección de la muestra. Esta consistía en los casos de BE que habían afectado a Cuba en los meses de octubre-marzo desde la temporada invernal 1950-1951 hasta la temporada 2014-2015. Se tiene en cuenta el mes de octubre, puesto que aún sin pertenecer a la temporada invernal, en este se ven casos de afectación de estos sistemas sinópticos tratados sobre Cuba.

Después de realizada la verificación caso a caso, teniendo en cuenta los criterios de influencia sobre el archipiélago cubano, establecidos por Pila (2009): producir una disminución de la presión por debajo de los 1013 hPa, influencia de una isobara cerrada del sistema o directamente por su circulación, aunque no se cumplan las condiciones anteriores. Se actualizó la

cronología realizada por Pila (2014) hasta 2016. Para este estudio, de las clasificaciones utilizadas por el autor mencionado anteriormente, solo se tuvo en cuenta la de las zonas evolutivas definidas en 2009 (Figura 2) atendiendo tanto a su localización como a las posibles características y peculiaridades de esas regiones que pudieran influir en las bajas que se formaron o desarrollaron en ellas. Estas zonas evolutivas son:

Continental: Aquellas cuyo origen y evolución esté sobre cualquier parte del continente.

Cuenca del Golfo de México: Todas las que se desarrollen en dicha área, incluyendo aquellas que se formen sobre la línea costera y su posterior desarrollo ocurra sobre las aguas del Golfo.

Océano Atlántico: Se considera a las bajas extratropicales con génesis o desarrollo en el área del saco de Charleston, zona adyacente a la costa oriental de los Estados Unidos y las Bahamas, porción suroeste del Atlántico occidental.

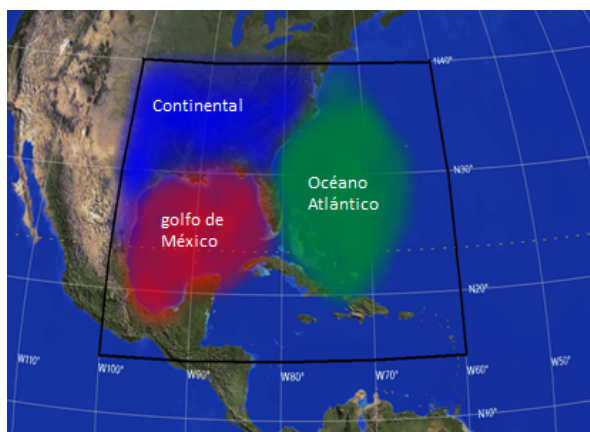


Figura 2. Zonas evolutivas.

Una vez identificadas las BE según su zona evolutiva, se descartaron las del Océano Atlántico, dado que constituyen la minoría de los casos y por tanto su frecuencia anual es despreciable con respecto al resto. De esta manera se estratificaron los casos según el mes de afectación dentro del período considerado (octubre-marzo) y, según la zona evolutiva correspondiente, se agruparon los datos en dos trimestres: el primero de octubre a diciembre, y el segundo, de enero a marzo. Esta agrupación de los meses en estos dos trimestres, está basada en que coincidieran en un mismo trimestre el periodo de mayor afectación por las BE.

2.1 Procesamiento de la muestra

Después de completadas y verificadas las muestras se comienza el procesamiento estadístico de las mismas, mediante el uso de la estadística descriptiva en busca de elementos característicos. Este análisis contempla el uso de los estadígrafos convencionales: media, mediana, desviación estándar y varianza.

Para agrupar los trimestres según la frecuencia de afectación de estos sistemas se sigue el criterio: a

partir del valor medio de cada uno de ellos y de la desviación estándar, se clasifican como trimestres con comportamiento normal aquellos cuya frecuencia no se diferencia del valor medio en una cantidad que supere la desviación estándar. Los trimestres con comportamiento alto o activo son aquellos cuya frecuencia de afectación supera el valor medio más la desviación estándar, y de comportamiento bajo o poco activo, los que no alcancen el valor medio menos la desviación estándar.

Para determinar el grado de influencia de cada una de las tres oscilaciones analizadas en este trabajo, se realiza el Análisis de Correlación y el Análisis de Componentes Principales (ACP) utilizando las series mensuales de índices que describen el comportamiento cronológico de las mismas. Como se mencionó previamente, los valores se circunscribirán a los meses desde octubre hasta marzo, del periodo 1950-2016, disponibles en el sitio Web (www.cpc.ncep.noaa.gov) del Centro de Predicción Climática de los Estados Unidos (CPC por sus siglas en inglés).

El primero busca hallar el aporte de manera individual de cada una de las oscilaciones como si influyera solamente una de ellas, mientras que el segundo persigue determinar la contribución cuando actúan de manera conjunta.

El Análisis de Correlación consiste en estudiar los datos de la muestra para saber el grado de asociación o correlación entre dos o más variables de una población. Para ello se obtiene el coeficiente de correlación mediante la correlación de Pearson.

Para determinar las componentes principales, utilizando el ACP, se siguen los siguientes pasos:

1. Se observa en Scree Plot el criterio gráfico de la pendiente que muestra cuantas componentes se seleccionan.
2. En la tabla de los valores propios se seleccionan los factores cuyos valores propios sean mayores o igual a 1, y cuyo porcentaje de acumulado supere el 60%. Esto significa que los mismos explican al menos ese porcentaje de la variabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis cronológico

De forma análoga se determinó el comportamiento de la población de bajas extratropicales, para cada una de las dos zonas evolutivas: golfo de México y Continente (Tabla 1).

Según los datos mostrados en esta tabla se determinaron los valores umbrales para la clasificación de los trimestres por el número de BE, basándose en el valor medio y la desviación estándar para cada grupo, quedando como trimestres normales o de afectación media aquellos cuya frecuencia absoluta no se aleje del valor medio en una cantidad superior a la desviación estándar, como altos los que superen la suma de

Tabla 1. Estadística descriptiva de los casos de bajas extratropicales de las zonas evolutivas del golfo de México y del continente correspondiente a los trimestres octubre-diciembre y enero - marzo, en el periodo 1950-2015.

Estadígrafo	Bajas Extratropicales			
	golfo de México		continentales	
	Trimestre octubre-diciembre	Trimestre enero-marzo	Trimestre octubre-diciembre	Trimestre enero-marzo
Frec. Abs.	60	171	99	228
Media	0,92	2,63	1,52	3,51
Mediana	1	2	1	3
Moda	0	2	0	3
Desv. est	1,02	2,09	1,55	2,15
Máx	5	8	6	8
Mín	0	0	0	0

la media más la desviación estándar y bajos los que presenten una cantidad inferior a la resta de las mismas. De la aplicación de los criterios de agrupación establecidos se clasificaron cada uno de los trimestres (Tablas 2 y 3).

3.2 Análisis de la influencia de las oscilaciones en las Bajas Extratropicales (BE)

Antes de determinar el aporte de estas oscilaciones de manera conjunta, fue necesario saber cuál de ellas influye de una manera significativa sobre estos sistemas independientemente de la actuación de las otras en la atmósfera, para lo cual se analizó la correlación lineal mediante el método de Pearson. Los resultados siempre se mencionarán en orden decreciente de importancia, según el valor modular de los coeficientes de correlación, al igual que cuando se tienen en cuenta los tres modos de variabilidad climática, según el valor que obtengan dentro de las componentes principales (factores). Estos aparecen en rojo en las tablas mostradas.

Los resultados de los ACP se presentan, excepto algunos casos, los que serán explicados en este capítulo, si las componentes obtenidas (factores) para cada caso representan como mínimo el 60 % de la variabilidad, dado que solo así tiene sentido validar la asociación entre los valores de los índices de las oscilaciones aquí

estudiadas y el comportamiento de las Bajas Extratropicales.

Cada uno de estos procesos se realizaron para la población general, es decir utilizando las frecuencias de las BE para los dos trimestres analizados, y de una forma más particular para los trimestres clasificados según el nivel de actividad de los sistemas como altos, bajos y medios, con el fin de determinar cuál o cuáles oscilaciones determinan estos comportamientos. De aquí en adelante, se refiere como primer trimestre de la temporada invernal el que comprende los meses de octubre, noviembre y diciembre; y como segundo trimestre el que transcurre entre enero y marzo.

3.2.1 Bajas Extratropicales (BE). Ambas zonas evolutivas. Primer y segundo trimestre.

Al realizar la correlación lineal de Pearson se obtuvo en el primer trimestre, que las variables que tienen un mayor coeficiente de correlación con respecto a la frecuencia de BE en el golfo de México son el índice oceánico del Niño (ONI por sus siglas en inglés) y de la Oscilación Ártica, esta última con una relación inversa. Para las BE continentales (BE-EU) no hay correlación significativa.

Mientras que en el segundo trimestre, el cual se considera el más representativo de la afectación de las Bajas Extratropicales a Cuba, se obtuvo que para

Tabla 2. Rangos de clasificación de las bajas extratropicales de las zonas evolutivas del golfo de México y del continente correspondiente al trimestre octubre-diciembre, en el periodo 1950-2015.

Clasificación de los trimestres	Bajas Extratropicales			
	golfo de México		continentales	
Altos:	≥2	14	≥3	17
Medios	1	25	1-2	25
Bajos	0	26	0	23

Tabla 3. Rangos de clasificación de las bajas extratropicales de las zonas evolutivas del golfo de México y del continente correspondiente al trimestre enero-marzo, en el periodo 1950-2015.

Clasificación de los trimestres	Bajas Extratropicales			
	golfo de México		continentales	
Altos:	≥5	10	≥6	17
Medios	2-4	33	2-5	25
Bajos	≤1	22	≤1	23

las BE del golfo de México (BE-GM), son el ONI, la NAO en su fase negativa (NAO-) y con igual signo la Oscilación Ártica (AOi-) las variables que tienen un mayor coeficiente de correlación con respecto a estas, y para las BE continentales (BE-EU), la NAO- y la AOi-. Destaca la importancia del ENOS en la formación de Bajas Extratropicales en el golfo de México (Tabla 4).

También se realizó el análisis de correlaciones entre los coeficientes de las oscilaciones estudiadas, resultado expuesto en la tabla 5.

Los resultados obtenidos con respecto a las BE del golfo de México en los dos trimestres, acerca del protagonismo de las fases negativa y positiva de la NAO y el ENOS respectivamente, concuerda con lo planteado por Aceituno (1989), con relación a la intensificación del flujo de los Oestes en la troposfera superior, al considerar la mayor influencia del ENOS en la fase negativa de la NAO sobre el sur de los Estados Unidos y el Atlántico, favoreciendo los desarrollos ciclónicos invernales.

3.2.2 Bajas extratropicales (BE) del golfo de México por trimestres

Este análisis estadístico se realizó para cada la población general de BE por zonas evolutivas, y por trimestres teniendo en cuenta su nivel de afectación sobre Cuba.

La correlación lineal de Pearson arrojó correlaciones significativas de las oscilaciones solo para los trimestres octubre-diciembre de poca afectación y para los trimestres enero-marzo con comportamiento normal, siendo en el primer caso la de mayor coeficiente

el ENOS y en el segundo la NAO en su fase negativa (Tabla 6).

Como el enfoque empleado en este trabajo se basa en el análisis de la influencia de los patrones de teleconexión en su conjunto, a pesar de que no en todos los trimestres se observaron correlaciones significativas en la prueba de Pearson, se realizó el ACP para cada uno de estos grupos.

Al igual que en el Análisis de Correlación de Pearson, los trimestres octubre-diciembre de poca actividad y los trimestres enero-marzo con comportamiento medio indicaron un mayor aporte del ENOS y la NAO en fase negativa, respectivamente. En este último además, indica influencia de la AO en fase negativa, debido a que esta oscilación y la NAO siempre se correlacionan significativamente entre sí.

Trimestres octubre-diciembre bajos: Se obtuvieron dos factores, los cuales representan un total del **88,88 %** de la variabilidad. El primero no sugiere que ninguna de estas oscilaciones produce cambios estacionales en el comportamiento de las BE-GM. Mientras que el segundo, representando el 33,92 % de la variabilidad restante, indica que bajos valores del ONI se asocian con la baja frecuencia de BE-GM (Figura 3a y 3b).

Los trimestres que comprenden los meses de enero a marzo con un comportamiento normal: el factor que indica que bajos valores de los índices AO y NAO se asocian con una alta frecuencia de las BE del golfo de México, representan el 60,01 % de la variabilidad (Figura 4 a y 4b).

Es necesario también, presentar el análisis de componentes principales realizado a los trimestres octubre-diciembre de mayor afectación, teniendo en cuenta

Tabla 4. Matriz de correlaciones de las BE de ambas zonas evolutivas para ambos trimestres de estudio.

Variables	Primer trimestre		Segundo trimestre	
	Octubre-Noviembre-Diciembre		Enero-Febrero-Marzo	
	BE-GM	BE-EU	BE-GM	BE-EU
AOi	-0.17	-0.12	-0.23	-0.17
NAO	-0.07	-0.08	-0.33	-0.17
ONI	0.15	0.06	0.41	-0.13

Tabla 5. Matriz de correlaciones de las oscilaciones de las BE de ambas zonas evolutivas para ambos trimestres de estudio.

Variables	Primer trimestre			Segundo trimestre		
	Octubre-Noviembre-Diciembre			Enero-Febrero-Marzo		
	AO	NAO	ONI	AO	NAO	ONI
AO	1.00	0.64	-0.03	1.00	0.77	-0.17
NAO	0.64	1.00	0.07	0.77	1.00	-0.12
ONI	-0.03	0.07	1.00	-0.17	-0.12	1.00

Tabla 6. Matriz de correlaciones de las BE del golfo de México

Variables	Coeficientes de correlación de Pearson	
	Oct-Dic. Bajos	Ene-Mar. Medios
	AOi	0.15
NAO	0.00	-0.23
ONI	0.26	0.11

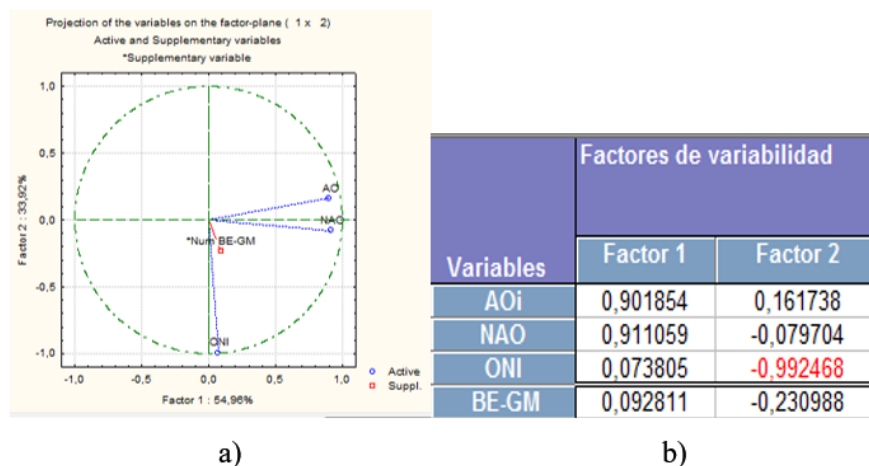


Figura 3. Gráfico de proyección de los factores de variabilidad (a) y tabla de valores (b) de los trimestres Octubre-Diciembre bajos para las BE - GM.

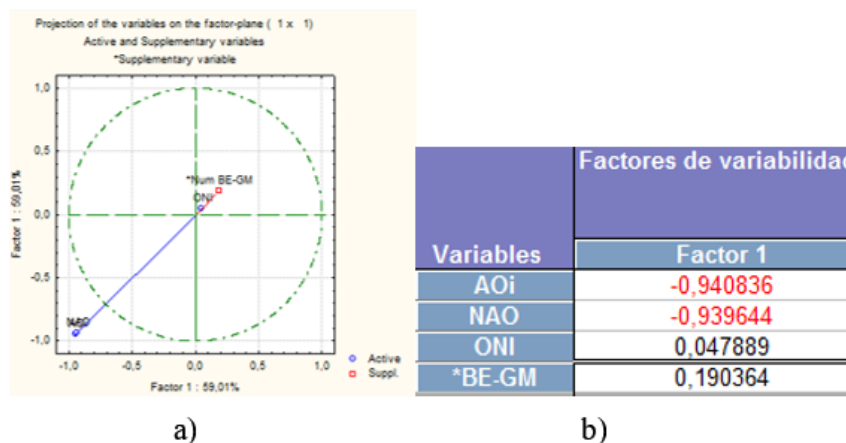


Figura 4. Gráfico de proyección de los factores de variabilidad (a) y tabla de valores (b) de los trimestres Enero - Marzo medios para las BE - GM.

que el porcentaje de variabilidad que justifica ronda el 60%. Se obtuvo un factor, que indica que bajos valores de los índices NAO y AOi, y altos del ONI, en este orden, se asocian con una alta frecuencia de BE provenientes de esta zona evolutiva (Figura 5 a y 5b). Entre los valores de los índices de las oscilaciones, las correlaciones significativas son entre el índice de la NAO y el ONI.

3.2.3 Bajas extratropicales (BE) del continente por trimestres

Para los sistemas provenientes de la zona evolutiva continental, la NAO y la AO influyen en mayor medida sobre su comportamiento, lo cual se refleja tanto en el análisis del aporte de las mismas de manera individual, como en su conjunto.

Es decir, al analizar la prueba de Pearson, se obtuvo que las variables con mayor coeficiente de correlación con respecto a las BE son la AOi- y NAO-, significativos en los trimestres octubre-noviembre-diciembre bajos y trimestres enero - marzo medios respectivamente

(Tabla 6). Y entre las oscilaciones las correlaciones significativas coinciden entre la NAO y la AO para todos los grupos, excepto para los primeros trimestres altos, donde también se correlacionan significativamente la AO y la NAO con el ONI.

Además, en concordancia con las correlaciones obtenidas, para todos los grupos se obtuvieron factores que representan aproximadamente en un 60% la variabilidad, cuyos valores aparecen en cada gráfico e indican que son, en mayor medida, los cambios en los valores de los índices de la NAO y la AO los que determinan una modificación de signo opuesto en la frecuencia de estos sistemas. Con excepción de los primeros trimestres medios, cuyos valores de las variables en el factor de variabilidad no permite establecer ninguna relación.

Dada la similitud de la variabilidad que estos eventos de teleconexión determinan en el comportamiento de los sistemas aquí estudiados en el resto de los grupos, se presenta como ejemplo la representación gráfica de los trimestres enero-marzo altos (Figura 6).

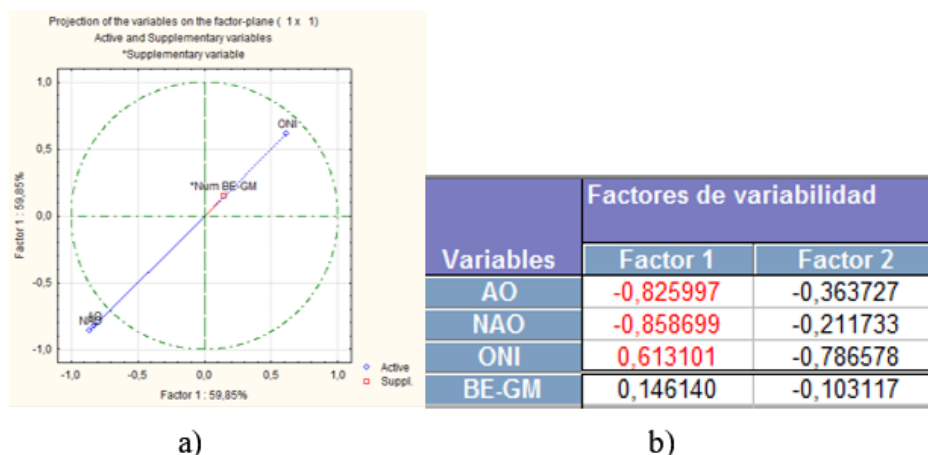


Figura 5. Gráfico de proyección de los factores de variabilidad (a) y tabla de valores (b) de los trimestres Octubre-Diciembre altos para las BE - GM.

Tabla 7. Matriz de correlaciones de las BE del continente.

Variables	Coeficientes de correlación de Pearson	
	Oct-Dic. Bajos	Ene-Mar. Medios
AOi	-0.24	-0.10
NAO	-0.08	-0.18
ONI	-0.09	-0.03

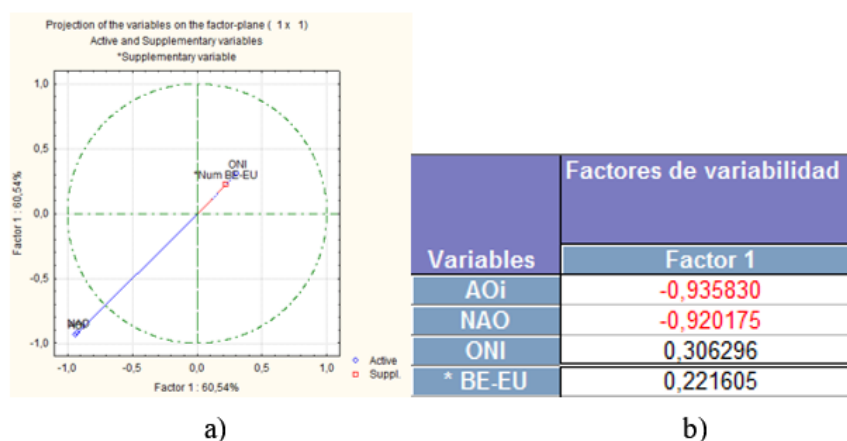


Figura 6. Gráfico de proyección de los factores de variabilidad (a) y tabla de valores (b) de los trimestres Enero - Marzo altos para las BE - EU.

CONCLUSIONES

Luego de todo el análisis de los resultados presentados se concluye que:

- Se determinó la influencia de las oscilaciones ENOS, la NAO y la AO en el comportamiento estacional de las bajas extratropicales, denotándose que:

La combinación de la fase positiva del ENOS y negativa de la NAO en ambos trimestres es mayor sobre la zona evolutiva del golfo de México que en la continental.

La NAO y la AO siempre se correlacionan significativamente.

Sobre la zona evolutiva continental las oscilaciones principales son la NAO y la AO.

REFERENCIAS

- Aceituno, P. (1989): On the functioning of the Southern Oscillation in the South American, Sector. Part:II upper-air circulation. Journal of Climate, 2:341-355.
- Acosta, H. (2014). La Oscilación del Atlántico Norte y el comportamiento de la temporada invernal en la región occidental de Cuba. (Diploma). Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba.

- Barnston, G. A., & Livezey, R. E. (1987): Classification, Seasonality and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns. *Monthly Weather Review*, 115:1083-1126.
- Barry, R.G., & Perry, .A. (1973): Synoptic Climatology. Methods and Applications. Methuen and Co. Ltd. London. 555 pp.
- CPC (2014) Climate Prediction Center, Washington, Estados Unidos de América. Disponible en el sitio WEB: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/nao.shtml>.
- Fonseca, C. (2008): La Oscilación del Atlántico Norte, los índices de circulación atmosférica y la lluvia en Cuba (Doctorado). Instituto de Meteorología, Cuba.
- González, C., & Pila, E. (2017): Caracterización de las bajas extratropicales en el occidente de Cuba, 23.
- Hurrell, J. (1995). Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science*, Vol. 269, pp. 676-679.
- _____; Kushnir, Y, Ottersen, G., & Visbeck, M. (2003): The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact. Geophysical Monograph, American Geophysical Union, Washington. Vol. 134, pp: 1-35.
- _____, and Deser, C. (2009): North Atlantic climate variability: The role of the North Atlantic Oscillation. *J. Mar. Syst.*, Vol.78, No. 1, pp: 28-41.
- Pérez, R. (2011): Conferencias de Meteorología Tropical. Inédito. pp: 133.
- Pila, E. (2009): Climatología Sinóptica de las Bajas Extratropicales que influyen sobre el archipiélago cubano. (Diploma). Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba.
- Pila, E., & Gonzalez, C. (2011): Climatología sinóptica de las bajas extratropicales que influyen en el archipiélago cubano. *Revista Cubana de Meteorología*, 16.
- Thompson, D.,n & Wallace, J. M. (1998): The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophysical Research Letters*, 25:1297-1300.

Diana Laura Espinosa Carballo. Departamento de Meteorología, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad de la Habana, La Habana 10400, Cuba. E-mail: dianalespinosa18@gmail.com

Elier Pila Fariñas. Departamento de Meteorología, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad de la Habana, La Habana 10400, Cuba

Conflictos de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Contribución de autoría: Concepción de la idea: **Diana Laura Espinosa Carballo**. Obtención de datos y elaboración de artículos: **Diana Laura Espinosa Carballo, Elier Pila Fariñas**. Revisión crítica: **Elier Pila Fariñas**.

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/)