

PATRONES TROPOSFERICOS ASOCIADOS CON LA AFECTACIÓN DE BAJAS EXTRATROPICALES EN CUBA

Autores: Elier Pila Fariñas, Cecilia González Pedroso

Instituto de Meteorología, Loma de Casa Blanca s/n, Regla, La Habana, Cuba. Fax: (+53) 78670710.
e-mail: elier.pila@insmet.cu

Las bajas extratropicales (BE) son uno de los sistemas meteorológicos que afectan a Cuba en el periodo poco lluvioso. Su estudio en la zona tropical y en Cuba ha sido limitado a casos de estudio e investigaciones aplicadas de sus efectos. En este trabajo se actualiza la cronología de estos sistemas y analiza el comportamiento básico de la misma, determinando el trimestre Enero a Marzo como el más activo. Dentro de dicho trimestre se obtuvieron las configuraciones medias de distintos campos para los poco activos, normales y muy activos en su afectación a Cuba por BE. Igualmente se consideró el comportamiento de dichos campos bajos los efectos de las diferentes fases del evento ENOS.

Extratropical cyclones (EC) are one of the meteorological systems that affect Cuba in the dry season. Its study in the tropical zone and in Cuba has been limited to cases of study and applied investigations of its effects. In this work the chronology of these systems is updated and it analyzes the basic behavior of these systems, determining the January to March quarter as the most active. Within this quarter, the average configurations of different fields were obtained for the less active, normal and more active quarters in their affectation to Cuba by EC. Also was considered the behavior of those weather fields, under the effects of the different phases of ENSO oscillation.

Introducción

Las bajas extratropicales (BE) son parte de los sistemas de latitudes medias que afectan a Cuba durante el periodo poco lluvioso, las que están estrechamente relacionadas con los otros dos sistemas y situaciones que incidente sobre territorio cubano en dicho periodo: los frentes fríos y los Sures.

Estos sistemas han sido abordados en diferentes estudios desde el punto de vista teórico, principalmente por especialistas del continente europeo, de los que han surgido los modelos conceptuales. Por su latitud, los países europeos experimentan un impacto más directo de estos sistemas ciclónicos, que se comportan de una manera casi exacta a la descrita en la teoría, provocado por el comportamiento que presentan los frentes atmosféricos y las masas de aire, principalmente por la latitud que modifica grandemente la influencia en la fuerza de Coriolis, provocando un mayor desarrollo vorticial de estos organismos, en particular, cuando se encuentran en su etapa de máximo desarrollo.

Diferentes estudios de carácter climatológico han abordado el comportamiento de las BE, que aunque han aportado elementos importantes, como es el caso del realizado por Bowie y Weightman (1914), que logró una clasificación de los tipos de bajas extratropicales que afectan los Estados Unidos y sus movimientos medios, estableciéndola a partir del lugar de origen, definiendo los tipos Alberta, Pacífico Norte, Pacífico Sur, Norte de las Montañas Rocosas, Colorado, Texas, la parte Este del Golfo y el Atlántico Sur y Central. Sin embargo algunos carecen de un periodo lo suficientemente representativo o se encuentran desactualizados. También destacan estudios pormenorizados de casos de sistemas o temporadas invernales muy extremas, como son los casos de Hsu (1993), Schumann et al (1995) y Hardy (1997) enfocados al comportamiento de la evolución de la ciclogénesis en el área del Golfo de México, en específico en su porción noroeste, haciendo énfasis en la temporada invernal 1982-1983 cuando bajo los efectos de un evento ENOS severo, se produjo un aumento significativo en la ocurrencia de bajas extratropicales en el Golfo de México.

En Cuba han sido pocos los trabajos en los que se aborda esta temática, ya que en su mayoría se han dedicado a casos de estudio e investigaciones aplicadas, sobre todo a estados del tiempo y otros fenómenos asociados, como las inundaciones costeras. Muy pocos han sido los estudios en los que se han desarrollado investigaciones desde el punto de vista climatológico y de comportamiento medio, ya que en ellos no se han tratado rasgos distintivos que pudieran caracterizar a las BE, pues se han basado en periodos de tiempo pequeños con series muy cortas, que no permiten definir un comportamiento climatológico, además de no estar actualizados, pues fueron realizados en las décadas de los años 70 y 80 del pasado, incluso algunos en la primera mitad del mismo.

Pila en el 2009 realizó dentro de la Climatología Sinóptica de las BE que han afectado a Cuba un estudio cronológico de estos sistemas, según criterios de afectación definidos para Cuba. Clasificando estos sistemas según sus zonas evolutivas (o de origen), trayectorias características y las distintas zonas del país afectadas por estos sistemas. También se expuso una relación entre la presencia de eventos ENOS de carácter moderado o fuerte con la cantidad de sistemas y se definieron las condiciones medias presentes en los días de formación en cada una de las zonas evolutivas para el trimestre Enero-Febrero-Marzo.

Por tanto tomando como base esta información y criterios definidos, este trabajo tiene como objetivos: actualizar la cronología de las BE hasta la temporada invernal 2014-2015, así como la Climatología Sinóptica derivada, considerando su comportamiento en las diferentes escalas temporales, haciendo énfasis en los patrones medios asociados con la afectación de estos sistemas al archipiélago cubano.

De las configuraciones medias derivadas de este estudio se pretende determinar elementos de comparación, que permitan además identificar cuando las condiciones climáticas están más favorables para una mayor afectación de estos sistemas, como un aporte a un futuro método de predicción. En este último punto se tomará el comportamiento de cada temporada en el trimestre Enero-Marzo, para tratar de relacionarlo con las condiciones medias presentes en cada una de ellas. La selección de este periodo en específico está justificada porque además de registrarse la gran mayoría de los casos, están ya establecidos los patrones típicos de este periodo, en contraste con otros meses en que pueden según sea el caso, haberse adelantando o atrasado las manifestaciones de otros sistemas y patrones característicos del periodo lluvioso. Otro elemento que se analizará es el efecto de eventos de teleconexión, en este caso el ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) en una mayor o menor afectación de las BE a Cuba. Este aporte puede influir en posibles cambios en los patrones medios de los grupos, ya que sea planteado según autores nacionales y foráneos la influencia de este evento de teleconexión tiende a reforzar los patrones de latitudes medias sobre la zona tropical y subtropical. Con la utilización de índice ONI, disponible desde 1950 hasta la fecha, que consta de valores mensuales de la anomalía de la temperatura superficial del mar (determinando la componente oceánica del ENOS), que se calculan con la media móvil de dichas anomalías utilizando los meses anterior y posterior. Los valores de dicho índice fueron obtenidos del Climate Prediction Center (CPC) de su sitio http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/site_index.shtml.

De esta manera se determinó en cuales de los casos de cada uno de los grupos había estado presente los efectos del ENOS, al menos sobre la mayor parte del periodo, pues por su naturaleza tiende a ser máximo en el mes de diciembre y debilitarse algo con el avance de la temporada invernal. Esto permitió la subdivisión de cada uno de los grupos según se habían dado condiciones de ENOS (El Niño), Neutrales o de AENOS (La Niña).

La región de estudio utiliza toma como base la del estudio cronológico mencionado anteriormente, que se amplió aproximadamente unos 10° en cada dirección, quedando comprendido ahora entre 10° y 50° N y los 110° y 50° W, con el objetivo de poder determinar las características de sistemas de escala sinóptica cuya extensión lo exige. Los datos utilizados fueron tomados del reanálisis del NCEP(National Center for Environmental Prediction)/NCAR (National Center for Re-Analysis) (Kalnay et al., 1996), tomados de su sitio WEB <http://www.cdc.noaa.gov>. Dentro de los mismos se encuentran una gran cantidad de variables meteorológicas, almacenadas en una rejilla global regular de 144 x 73 nodos, con una resolución de 2.5°. Estos datos se encuentran descargados y disponibles en la sede del Insmet, de donde se extrajo una

subregión de 72 x 37 nodos, que comprende geográficamente entre el Ecuador(0° N) y los 90° N y entre los 180° W y el meridiano de Greenwich (0° W) para aliviar el trabajo computacional de manejar una rejilla global, ya que en dicha subregión se localiza ampliamente la región de estudio seleccionada, e incluso si fuese necesario esta podía ser extendida por algún interés específico.

Esta base de datos se extiende cronológicamente desde 1948 hasta el presente, con valores cuatro veces al día, en los horarios sinópticos (00 UTC, 06 UTC, 12 UTC y 18 UTC). Para la manipulación de estos datos y la realización de los diferentes mapas y salidas graficas se utilizaron una serie de scripts realizados en Linux para con la utilización del paquete NCO (Netcdf Operators, versión 4.4.2) realizar la gran mayoría de los cálculos con los datos y el software GrADS (Grid Analisis and Display System) dar las diferentes salidas graficas en los formatos requeridos.



Fig. 1 Área de estudio utilizada.

Las variables seleccionadas responden a caracterizar sobre todo el campo dinámico relacionado con estos sistemas vorticiales, que guardan relación con sistemas y condiciones en los distintos niveles de la troposfera. Es por eso que además del campo de presión a nivel medio del mar (PNM) también se seleccionaron los campos de altura geopotencial en los niveles de 850, 700, 500 y 200 hPa. El campo de viento en los niveles medios y altos (200 y 500 hPa), haciendo énfasis en los niveles altos (200 hPa) por el papel que tiene la corriente en chorro y la divergencia superior en la formación e intensificación de estos sistemas, es por ello que también en ese nivel se analizarán campos derivados del viento como divergencia y vorticidad, esta última también se pretende analizarla en los niveles bajos (850 hPa). Otras variables complementarias son la velocidad vertical (ω) en los niveles medios (700 hPa) y la componente térmica en el nivel de 850 hPa, determinada por la temperatura en dicho nivel.

Los criterios a partir de los cuales se va a considerar la influencia de un determinado ciclón extratropical sobre el territorio cubano son los determinados y aplicados por Pila y González (2011), que son:

- Valores de presión inferiores a los 1013 hPa sobre cualquier área del territorio cubano, aunque la isobara no esté cerrada pero presente una curvatura ciclónica y pertenezca al sistema.
- Isobara cerrada, en este criterio se considera la presencia de al menos una isobara cerrada sobre Cuba (que pertenezca a la circulación del sistema), aunque su valor no sea inferior a 1013 hPa.
- Influencia directa de la circulación del sistema, es decir que alguna parte del territorio cubano esté dentro de la circulación del sistema, aunque ésta no la delimite una isobara cerrada o el valor de la presión no sea inferior a 1013 hPa.

Todas las configuraciones medias obtenidas, además de ser caracterizadas, serán analizadas según su grado de significación, utilizando la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_B)}{\sqrt{\frac{S_A^2}{N_A} + \frac{S_B^2}{N_B}}}$$

Donde \bar{X}_A y \bar{X}_B son las medias de los grupos A y B, con las desviaciones típicas S_A , S_B , respectivamente; N_A y N_B son la cantidad de casos de cada tipo. La misma expresa el grado de similitud entre las poblaciones de datos analizadas, de manera que la hipótesis de que ambas poblaciones tienen medias iguales se rechazará si $|Z| > 1,96$, para el nivel de significación prefijado del 5 %. Su cálculo en cada uno de los puntos de rejilla, mostrará en que zonas los patrones se diferencian más y aquellos en los cuales no resultan significativas.

Utilizando el campo de presión se determinaron los casos a actualizar, tomados de las cronologías actualizadas de los frentes fríos y los Sures que han afectado a Cuba. La nueva cronología de las BE, ahora con 65 temporadas invernales se incrementó hasta 727 casos, de los cuales se extrajeron los principales estadígrafos, que aparecen en la tabla 1.

Tabla 1 Estadística descriptiva de toda la muestra de casos

Casos	Media	Mediana	Varianza	Desviación Estándar	1er Cuartil	3er Cuartil	Moda	Máximo
727	11.43	10	28.6	5.12	8	13	10	3.82

Mediante la interpretación de los resultados expuestos en esa tabla se puede señalar que en las 65 temporadas analizadas se tiene un promedio de 11 casos de BE que influyen sobre el archipiélago cubano en una temporada invernal, con una variación o desviación estándar de 5 casos. Respecto a la distribución de la población de casos, el 75 % de las temporadas han tenido al menos 8 casos, la mitad al menos 10 casos y sólo el 28 % ha superado los 13 casos por temporada, con un máximo de 32 casos en la temporada 1997-1998 y un mínimo de 4 casos en la temporada 1973-1974, siendo el valor más frecuente el de 10 casos, presente en 10 temporadas. El perfil de la distribución indicado por los valores de la curtosis muestra una curva apuntada (leptocúrtica), con un desplazamiento de la simetría hacia la derecha (la media es mayor que la mediana).

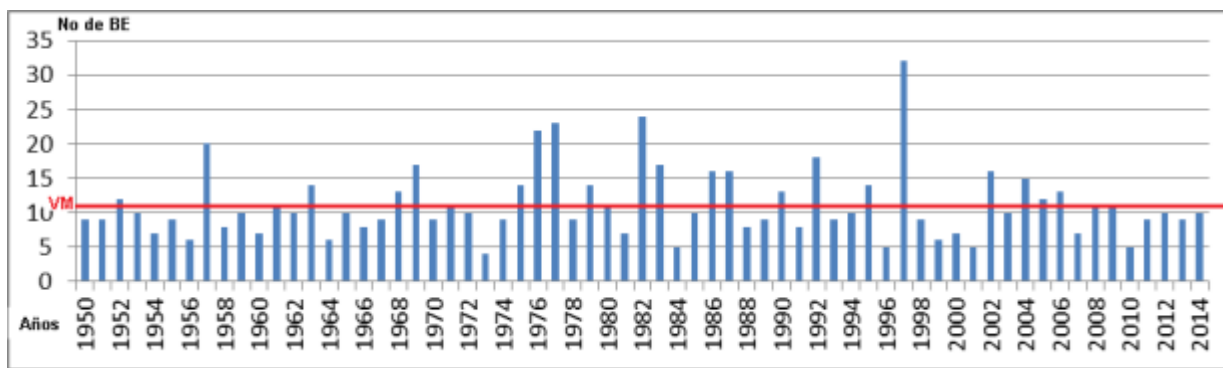


Fig. 2 Frecuencia de Bajas Extratropicales por temporadas invernales.

La distribución por meses no mostró cambios en cuanto a los meses de mayor afectación (Enero a Marzo), sin embargo una mayor cantidad de casos en el mes de diciembre, redujo la diferencia que existía de la cantidad de BE en el mismo comparadas con las del mes de abril, 92 y 96 respectivamente. De esta manera entre diciembre y abril se registra el 83.9 % de los casos totales (58 % entre enero y marzo).

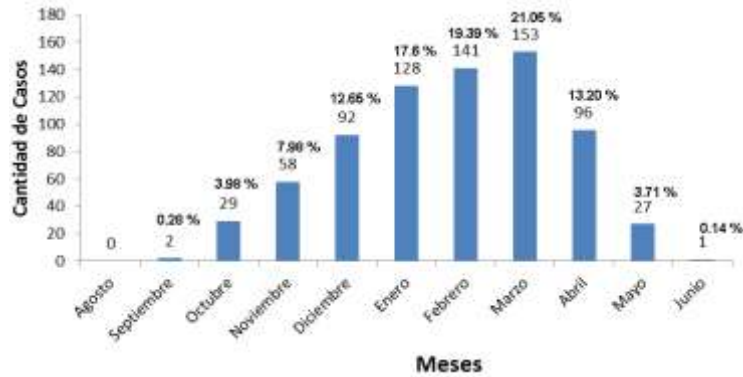


Fig. 3 Frecuencia de Bajas Extratropicales por meses

El comportamiento típico encontrado en 2009 no sufrió cambios en cuanto a la clasificación por las zonas evolutivas, predominando las del continente con el 56.7 % del total, seguido por el golfo de México con el 38.2 %. De las formadas en el golfo de México, el 42.8 % se pueden clasificar como “golfianas”: formadas en esa área al sur de los 26° N, con un movimiento al nordeste, que normalmente es muy rápido.

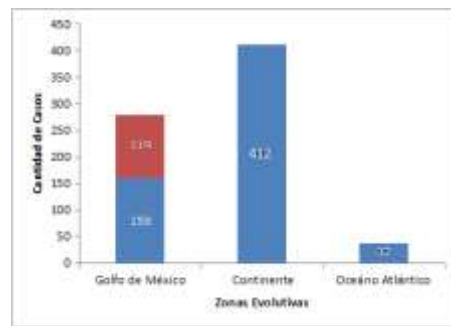


Fig. 4 Cantidad de casos por zonas evolutivas (Golfianas en rojo)

Del análisis del comportamiento mensual de las zonas evolutivas lo más interesante es, que aunque en la distribución mensual se siguen las mismas pautas: zona del Continente tiene la mayor cantidad de casos, los casos registrados en esa zona, son máximos en el trimestre enero a marzo, con el pico máximo en el mes de marzo, seguido por enero y febrero. En el caso del golfo de México, aunque coincide también los valores máximos están en el periodo Enero-Marzo, la mayor cantidad de sistemas de este origen está en el mes de Febrero. Esta situación da lugar a que en el mes de febrero se reduzca la diferencia entre estas dos zonas, con un aporte casi equitativo.

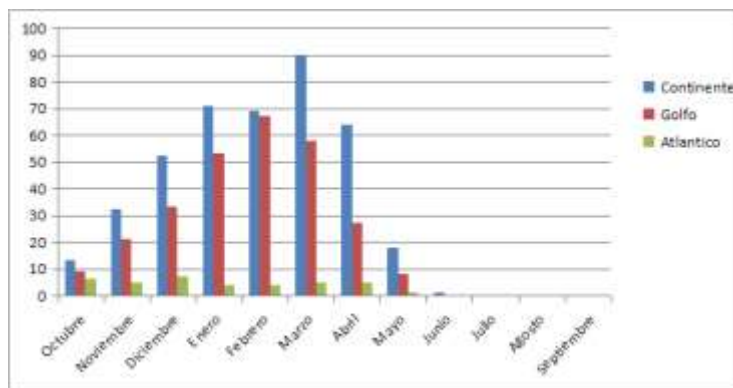


Fig. 5 Comportamiento de las zonas evolutivas por meses.

Con el objetivo de caracterizar con mayor profundidad el comportamiento, se determinó la influencia por tipo, es decir cómo había sido la influencia de cada sistema sobre esa área. La división del archipiélago cubano se hizo en 3 regiones o zonas: Occidental (Pinar del Río, La Habana, Artemisa, Mayabeque, Matanzas y la Isla de la Juventud), Central (Cienfuegos, Sancti Spiritus, Villa Clara y Ciego de Ávila) y la Oriental (Camagüey, Las Tunas, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo).

Los resultados indican que la mayor parte de los sistemas, aproximadamente el 51,2 % influyó en todas las regiones de forma simultánea o en diferentes estadios de su desarrollo, otra parte consistente en el 26,1 % influyó solamente sobre la región occidental de territorio cubano y el 17,7 % lo hizo sobre las regiones occidental y central. Sobre la región central solamente influyeron 2 casos de forma exclusiva, así como también son pocos los que se reportaron entre las regiones central y oriental únicamente, provocados principalmente por sistemas que se desarrollaron cercanos a la costa este de los EE. UU. y sobre el océano Atlántico, que como se explicó en este capítulo, fue un número muy pequeño de casos.

El análisis al comportamiento estacional, arroja que en las temporadas estudiadas, la región occidental de Cuba fue la que recibió influencia por una mayor cantidad de sistemas y solo en 3 ocasiones en los inviernos de 1971, 1980 y 1985 estas fueron iguales en número a las que influyeron sobre la región central. Se destacan las temporadas 1973-74, 1976-77 y 2007-08 en las que la zona occidental sobresalió mucho más por encima del resto del territorio y en especial en la temporada 1974-75, aunque en estos años no hayan sido registrados los máximos valores. Las temporadas en que se registró una mayor influencia en específico sobre la región occidental fueron la 1969-70 y la 1976-77, el resto de los valores máximos se registró en las temporadas 1957-58, 1977-78, 1982-83 y 1997-98 en las cuales también coincidieron los valores máximos en las demás regiones. La zona central se vio influenciada igualmente en todas las temporadas con los máximos comunes antes señalados. En la región oriental solo en el invierno de 1973 no se encontró ningún caso que hubiera tenido influencia sobre la misma, con valores máximos propios en los inviernos de 1963 y 1983 además de las temporadas en las que hubo máximos para todo el país.

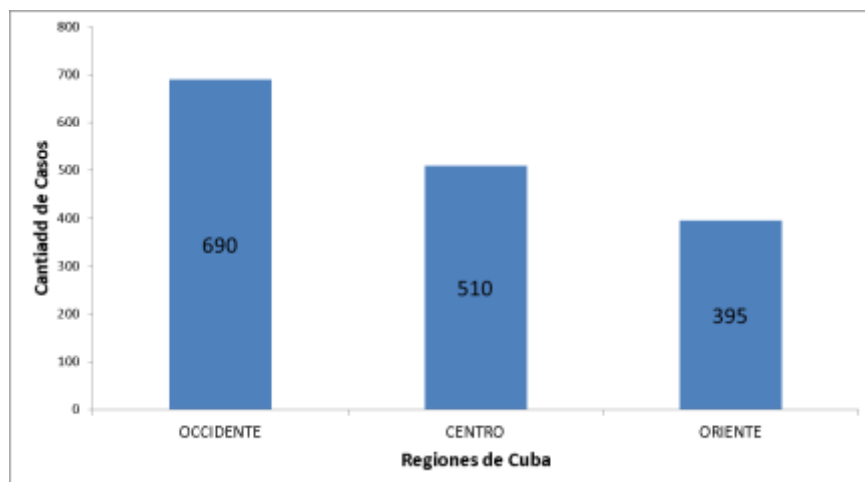


Fig. 6 Influencia sobre el territorio nacional por regiones.

Para el análisis de los patrones medios que caracterizan la afectación en el trimestre Enero-Marzo, se tomó la submuestra comprendida en este periodo, subdividiéndola en tres grupos según la cantidad de sistemas que afectaron a Cuba en esas temporadas: trimestres bajos o poco activos, trimestres normales y trimestres altos o de gran actividad.

El criterio de clasificación se tomó a partir de los estadígrafos obtenidos de esta submuestra (Tabla 2) tomando como referencia el valor medio de 6.49 sistemas, que se tomó como 7 y la desviación estándar de 2.98 casos que se redondeó a 3. De esta manera es los trimestres con comportamiento normal pueden ser consideradas aquellas cuya cantidad de casos se encuentran en un rango de 3 casos alrededor de la media de 7. De manera tal que los trimestres bajos son aquellos con 4 o menos casos registrados y los altos en los que se hayan registrado al menos 10 sistemas que afectaron a Cuba. Vale señalar que si se aplica de forma análoga a toda la muestra, no existe una relación entre la actividad registrada en el trimestre y el total de sistemas, por lo que temporadas activas no tienen por qué haber registrado trimestres activos.

Tabla 2 Estadística descriptiva de los casos de Enero a Marzo

Casos	% del Total	Media	Mediana	Varianza	Desv. Estándar	1er Cuartil	3er Cuartil	Moda
422	58.04	6.49	6	8.91	2.98	5	8	5

Según los criterios definidos anteriormente se subdividió la muestra en aquellos trimestres que habían tenido un comportamiento bajo, normal o alto; quedando los primeros conformados por 15 casos, 42 y 8 casos respectivamente para los otros dos grupos. En el caso de los grupos extremos (bajos y altos) los que constituyen el 35 % de la muestra fue posible determinar algunos factores de interés.

En el caso de los trimestres poco activos, siempre se registraron bajas en este periodo, el mínimo: un solo sistema fue en el año 1974, durante una temporada que en toda su extensión solo contó con 4 afectaciones. De todos los casos con esta categoría, poco más de la mitad (8) ocurrieron de 1990 a la fecha y ellos 5 posteriores al año 2000.

En el análisis de los trimestres muy activos o altos la década con más casos (3) fue la de 1980. El valor máximo de 15 afectaciones se registró en los años 1983 y 1998 durante la ocurrencia de sendos eventos ENOS fuertes. Resulta interesante que no ocurrieron trimestres activos en la década de 1960 y posteriores a 1998.

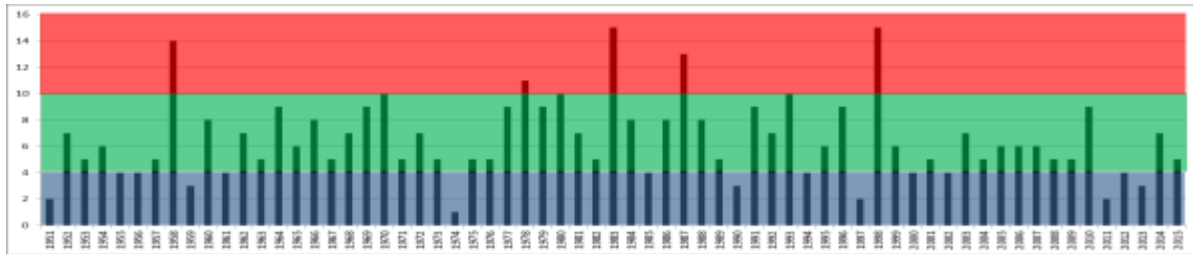


Fig. 7 Cantidad de BE en el trimestre Enero-Marzo por año. En colores cada uno de los rangos de afectación: trimestre bajo (azul), normal (verde) y alto (rojo)

Del análisis de los campos meteorológicos a analizar en cada uno de los grupos de los trimestres según su nivel de actividad, resultó significativo que existe una menor extensión de la dorsal subtropical en superficie según se analizan los grupos de mayor actividad, en los que resulta también relevante una mayor presencia de los anticiclones migratorios al norte de la región de estudio, como se puede observar en la figura 8.

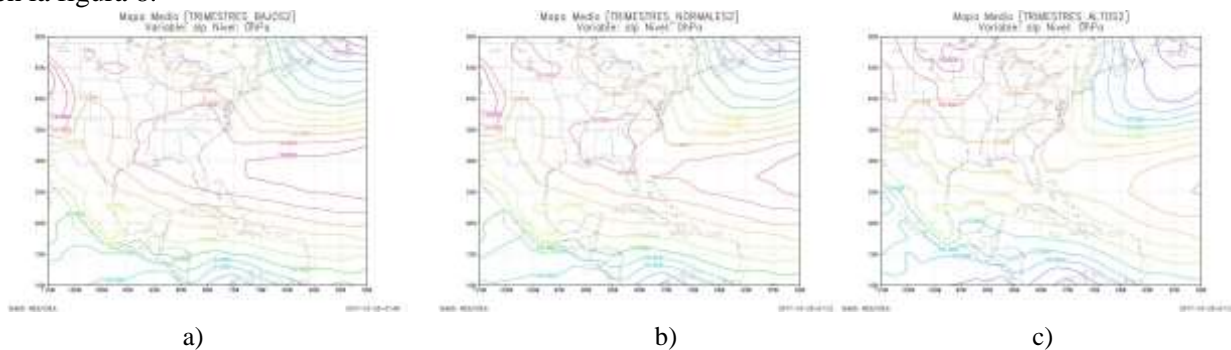


Fig. 8 Configuraciones medias de presión a nivel medio del mar de los trimestres bajos(a), normales (b) y altos (c)

En los distintos niveles de la troposfera que fueron analizados se observó también que según se consideran los trimestres de los menos activos a los más activos, la representación del anticiclón subtropical en cada uno de esos niveles se ve menos extendida hacia el oeste, así mismo la vaguada en los oestes, en cada uno de esos niveles está mejor representada y con valores más bajos, aumentando el gradiente entre ambos sistemas.

Esta situación influye en el comportamiento del viento en dichos niveles, produciendo un aumento en las velocidades de viento, sobre todo en los niveles altos, con un reforzamiento de la corriente en chorro y a su vez produciendo un aumento en la divergencia en el nivel de 200 hPa. Estos dos factores son importantes en el desarrollo de la zona de disturbio inicial a los largo de una línea de discontinuidad de temperatura y humedad (frente), provocando por la caída de la presión, por el efecto que hace que el aire sea absorbido por la parte superior de la columna, lo que desencadena la convergencia del aire en niveles bajos, forzada por el incremento de los movimientos ascendentes dentro de la columna, con la consecuente caída de la presión en superficie.

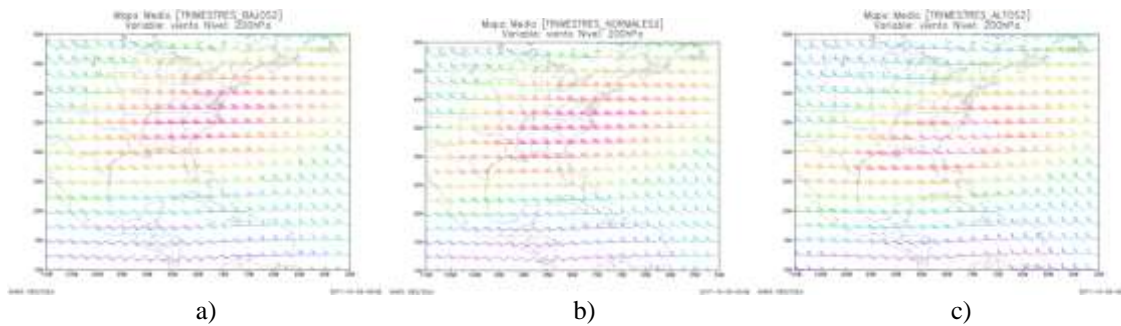


Fig. 9 Configuraciones medias del campo de viento en el nivel de 200 hPa de los trimestres bajos(a), normales (b) y altos (c).

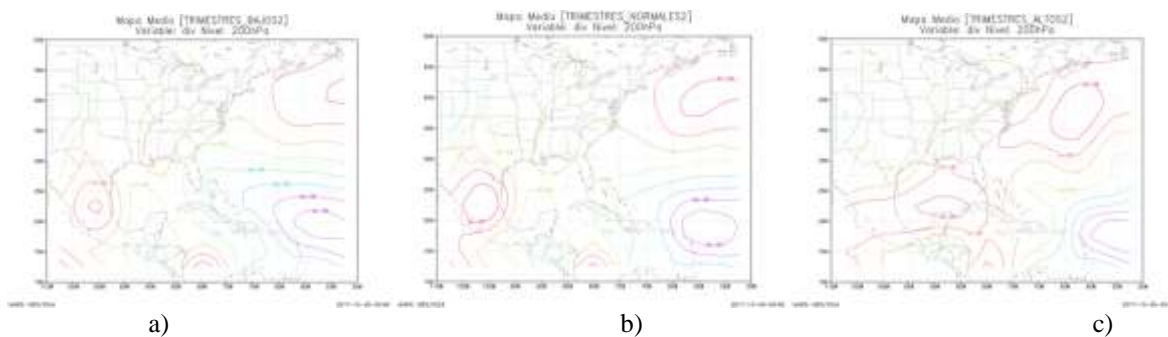


Fig. 10 Configuraciones medias de la divergencia en el nivel de 200 hPa de los trimestres bajos(a), normales (b) y altos (c).

En los niveles bajos (850 hPa) en comportamiento del campo térmico mostró una posición muy similar de la vaguada térmica en los grupos, aunque en los valores se diferencian los trimestres poco activos del resto, al sur de los 40° N, con temperaturas ligeramente superiores que las de los trimestres normales y más activos. Esto se corrobora cuando se analiza las zonas de significación determinadas por el cálculo del estadígrafo Z que aparece en la figura 9. En la misma podemos observar zona de significación positiva (en rojo), que abarca el continente al sur de 40° N hasta la mitad norte del gofo de México, en las cuales predominan los valores de los trimestres bajos, es decir en este caso las temperaturas son superiores.

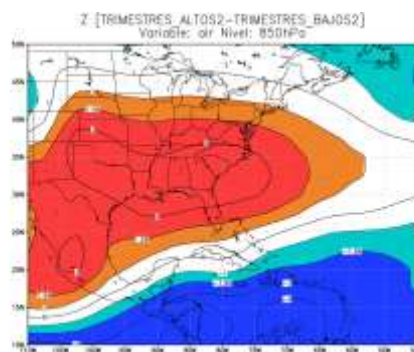


Fig. 11 Mapa de significación entre los trimestres muy activos y los poco activos de la temperatura en el nivel de 850 hPa

Para insertar el posible aporte de un evento ENOS en cualquiera de sus fases se analizó dentro de cada uno de los grupos las temporadas según la fase del evento presente. De esta nueva clasificación se determinó que de las 42 temporadas normales, se distribuyen de manera similar las 3 fases del ENOS (El Niño, Neutral y La Niña) con un total de 15 casos bajo los efectos de El Niño con 14 y 13 casos en condiciones neutrales y en fase negativa respectivamente. En el caso de los trimestre de poca actividad (15) más de la mitad (8) se ocurrieron en la fase negativa del evento (La Niña), seguido por 6 trimestres bajo condiciones neutrales y solo uno (año 1959) ocurrió durante la fase positiva del mismo. El grupo más pequeños, los trimestres de mayor actividad (8) la gran mayoría ocurrieron en año con fase positiva del evento (7), solo un caso (año 1993) en condiciones neutrales y hasta la fecha no se ha registrado ningún trimestre con más de 10 casos bajo los efectos de La Niña. Todo lo anterior corrobora el papel que tiene este evento de teleconexión en una mayor influencia de sistemas de latitudes medias en la zona tropical durante el periodo poco lluvioso.

En un análisis similar al que se hizo con los trimestres completos, en estos se compararon internamente los subgrupos por la fase del evento presente. En los trimestres con ENOS en fase positiva, las condiciones que se presentaron tienden a reforzar aquellos elementos que se determinaron están presentes en los trimestres de mayor actividad, como es el reforzamiento de la corriente en chorro en los 200 hPa, además de un descenso en latitud del núcleo de viento máximo, y una menor influencia del anticiclón subtropical y su representación en los distintos niveles de la troposfera. Los trimestres bajo condiciones neutrales se mostraron más cercanos en su configuración a los de la fase positiva que a la negativa.

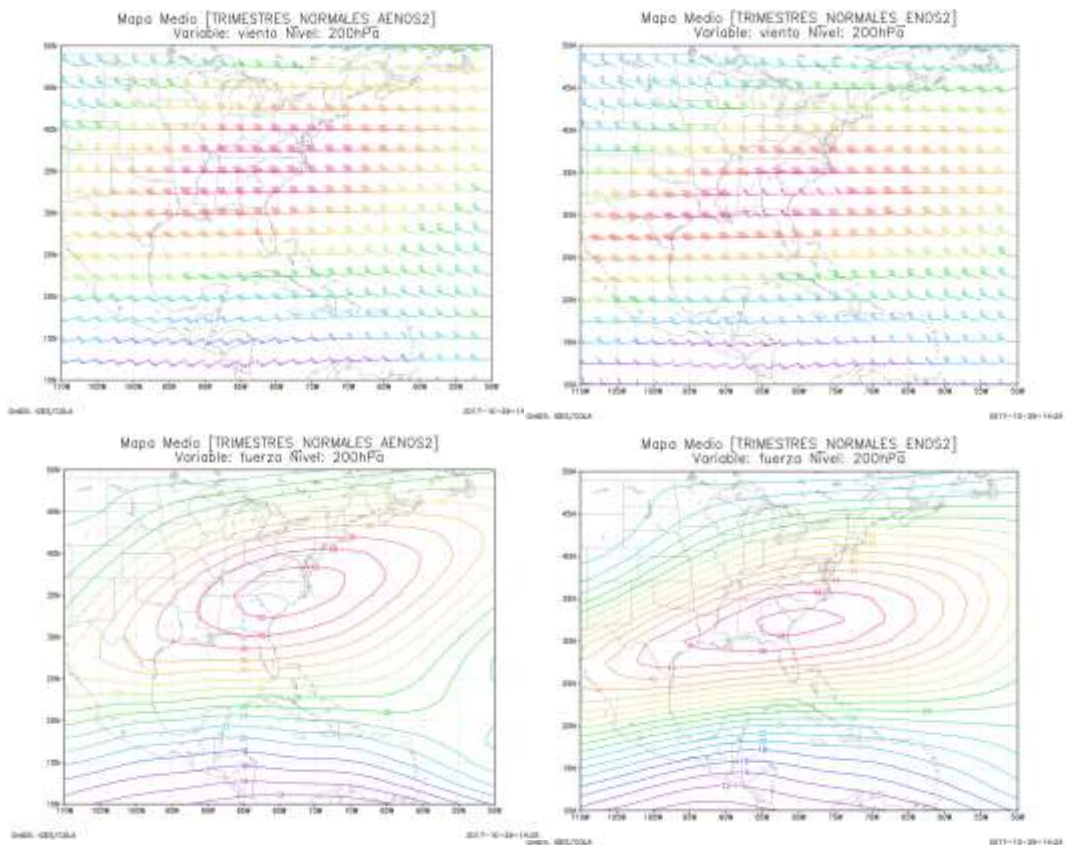


Fig. 12 Campo de viento en el nivel de 200 hPa (arriba) de los trimestres normales bajo los efectos del ENOS en fase positiva (derecha) y negativa (izquierda). Abajo: velocidad del viento en 200 hPa para la misma agrupación.

Conclusiones

Luego del análisis de todos los elementos planteados se determinó que:

- Se actualizó la Cronología de las Bajas Extratropicales que han afectado a Cuba hasta la temporada 2014-2015.
- La misma tiene un comportamiento similar a los años anteriores, con la mayor actividad en el trimestre de Enero a Marzo, aunque con una menor diferencia entre los meses anterior y posterior al mismo (Diciembre y Abril).
- El aporte de las zonas evolutivas principalmente es de la Zona Continental, seguida por el golfo de México. En la distribución mensual, ambas zonas son máximas en el trimestre de Enero a Marzo, aunque en el caso de la zona continental el pico es en Marzo y el golfo de México es en Febrero.
- Se determinó que en 42 ocasiones la afectación ha sido normal (entre 5 y 9 sistemas), baja en 15 casos (4 o menos sistemas) y alta en 8 (10 o más sistemas).
- En un solo caso el trimestre fue de poca actividad bajo los efectos de ENOS positivo.
- Un solo caso reportó un trimestre muy activo bajo condiciones neutrales del ENOS y ninguna bajo condiciones negativas
- Se obtuvieron las configuraciones medias según la cantidad de sistemas que afectaron a Cuba en el trimestre de Enero a Marzo. Determinándose que:
 - ✓ Con la mayor retirada del anticiclón subtropical del Atlántico y su representación hay una probabilidad de mayor afectación.
 - ✓ La mayor intensidad y posición al sur de la corriente en chorro favorece una mayor actividad sobre Cuba.
 - ✓ La fase positiva del evento ENOS, refuerza estos elementos anteriores, mostrándose en la fase neutral una mayor similitud con la positiva que con la negativa.

Bibliografía

Acosta, R. (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.

Archivos del Centro de Pronósticos del Instituto de Meteorología de Cuba.

Barry, R. G. and A.H. Perry (1973): Synoptic Climatology: Methods and Applications. Methuen, 555

Bjerknes, V. (1921): The Meteorology of the temperate zone and the general atmospheric circulation. Monthly Weather Review, 49 (1), 1-3.

Bjerknes, V. (1964): Atlantic air-sea interaction. Advances in Geophysics, Academic Press, 10, 1-82.

Bjerknes, J. (1966). A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. Tellus, 18, 820-829.

Bowie and Weightman (1914): Types of Storms of the US and their average movement.

Centella, A., Lapinel, B., et al. (2006). La sequía meteorológica y agrícola en la República de Cuba y la República Dominicana. Proyecto PNUD/ACDI: Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático. Tomo I. 174 pp.

Christoph C.; Raible, C.; Luksch, U and Fraedrich, C. (2004): Precipitation and Northern Hemisphere regimes. *Atmospheric Science Letters* 5, pp 48-55.

Cárdenas, P. y Naranjo, L. (1996). Eventos El Niño-Oscilación del Sur: Impactos sobre los elementos climáticos y del tiempo. Reporte de investigación. Biblioteca INSMET, 37 pp.

Cárdenas, P. y Naranjo, L. (1998). Papel de índices teleconectivos y el ENOS en la predictibilidad de la lluvia en Cuba. Reporte de investigación. Biblioteca INSMET.

Cárdenas, P. y Pérez, M. (1991). Eventos ENOS y anomalías de lluvia en Cuba. Reporte de investigación. Biblioteca INSMET, 24 pp.

Centella, A., Naranjo, L., et al. (1997). Variaciones y Cambio del Clima en Cuba. Informe Técnico. Centro del Clima, Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba.

Centella, A.; J. Llanes y L. Paz (2001): Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. La Habana, Oct. Inst. Met.

CPC CPC (2014):). Climate Prediction Center, Washington, Estados Unidos de América. Disponible en el sitio web: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/ao.shtml>

Fernández, A.J. y L.N. Díaz (2005): Catalogo de Procesos Sinópticos del Archipiélago Cubano en el periodo 1979-1993, Instituto de Meteorología, Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba 167 pp

Climatología de los frentes fríos que han afectado a Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*. Vol. 6, No.1. 41. González, C. (2000). Conferencias de Meteorología Sinóptica. Inédito.

González, C. y Estévez G. (2015): Breve resumen de la temporada invernal (2014-2015) en Cuba. *Rev. Cub. Meteorología*, Vol.21, No.2, pp 104-112.

Hsu, S. A. (1992): Effects of surface baroclinicity on frontal overrunning along the Central Gulf coast. *Journal of Applied Meteorology* 31(8): 900-907

Hsu, S. A. (1993): The Gulf of Mexico- a breeding ground for winter storms, *Mariners Weather Log*, Vol.37 No. 2, pp 4-11, Spring 1993, published by U.S, National Oceanic and Atmospheric Administration.52 Hare, F.(1983): Climate and Desertification WCP-44. World Meteorological Organization, United Nations. Environment Program. 149 pp.

Hardy, J. W and S. A Hsu(1997): A climatology of winter cyclogenesis intensity in the northwest Gulf of Mexico, *National Weather Digest* , 22 (1), pp 3-7

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).

Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. (1996): The NCEP/NCAR Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 437–471.

Jústiz, A.C (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.

Lapinel, P. B. (1985): Tipos de situaciones sinópticas predominantes sobre Cuba. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía. Academia de Ciencias de Cuba.

Lecha, L., Paz, L. & Lapinel, B. (1994). El Clima de Cuba. Editorial Academia, La Habana. Cuba.

Meulenert, A. (1991). Efecto del evento El Niño-Oscilación del Sur sobre el estado del tiempo en Cuba.

Parrado, R., Rego, J. y García, O. (1995). Efectos del evento ENOS durante la temporada invernal en Cuba. *Boletín SOMETCUBA*, 1(2), Cuba.

Prácticas Climatológicas (2007): Organización Meteorológica Mundial

Peagle, J. N and Kierulff, L. P. (1974): Synoptic Climatology of 500 -mb Winter Flow Types. *J. Appl. Meteor.* Vol 13. No 2, pp 205- 220.

Pila, E. y C. González (2011): Climatología Sinóptica de las Bajas Extratropicales que influyen en el archipiélago cubano.. *Rev. Cub. Met.* Vol 17, No. 2, Pp 71-86

Rodríguez, M. y M. Ballester (1985): Cronología de los “sures” que han afectado a la mitad occidental de Cuba desde la temporada de 1916-17 hasta la de 1977-78. Reporte de Investigación del Instituto de Meteorología No.10, Academia de Ciencias, 7 pp.84.

Rodríguez, M., C. González, y J. Quiñónez, (1984). Cronología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde la temporada 1916 – 1917 hasta la temporada de 1982–1983 (67 temporadas). *Rep. De Inv.* No. 9, ACC. 16 p.

Rubiera, J., y 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.