

# Climatología sinóptica de las bajas extratropicales que influyen en el archipiélago cubano

---

**Elier Pila Fariñas, Cecilia Gonzalez Pedroso**

*Centro de Pronósticos  
Instituto de Meteorología  
CITMA, Cuba*

## Resumen

Durante el período poco lluvioso del año, asociado a la temporada invernal, Cuba recibe una mayor influencia de organismos de origen extratropical como los frentes fríos, los “Sures” y las bajas extratropicales. Estos últimos, aunque tienen gran importancia no se han estudiado fuera del marco de investigaciones aplicadas respecto a su papel en otros fenómenos y situaciones meteorológicas.

En el trabajo se expone el diseño de la climatología sinóptica de estos sistemas invernales para simular longitud serial, basado en el estudio cronológico de las bajas extratropicales que han afectado al archipiélago cubano en el periodo comprendido entre la temporada invernal de 1950-1951 y la de 2007-2008 realizado por Pila (2009). Se determinaron las configuraciones medias de las distintas variables y campos meteorológicos seleccionados, entre los que se hallan: presión a nivel del mar, humedad relativa, altura geopotencial en la troposfera baja, media y alta; campo de viento y agua precipitable. Se abordó el comportamiento estacional e interestacional de las bajas extratropicales que han afectado a Cuba en el periodo escogido. Las áreas del continente y Golfo de México fueron aquellas que más aportan bajas extratropicales que afectan a Cuba, principalmente a la región occidental, con un valor medio de 11 sistemas por temporada. El trimestre enero-febrero-marzo es el periodo de mayor afectación, con el rumbo nordeste como el de mayor frecuencia en su movimiento. Se expone además, la variabilidad que las bajas extratropicales presentan bajo el forzamiento del evento ENOS.

**Palabras clave:** baja extratropical (BE), zona evolutiva, trayectoria de la BE, presión a nivel del mar (PNM)

## Introducción

Cuba, por su posición geográfica, no presenta las variaciones estacionales que se dan en latitudes medias y altas, marcadas por las estaciones típicas del año: primavera, verano, otoño e invierno. En Cuba solo se definen dos periodos característicos del año, no definidos por la temperatura, pero sí por el comportamiento de las precipitaciones. Es así, que durante el periodo poco lluvioso del año (desde noviembre hasta abril), coincidente con la temporada invernal en el hemisferio norte, se trasladan por bajas latitudes sistemas de latitudes medias como los sistemas frontales y las bajas extratropicales. Estas últimas, también están pre-

sentes en los sistemas frontales y son responsables además de la circulación de los vientos en los frentes de tipo clásico, y de la presencia de los vientos denominados “Sures”. Los frentes y los sures son dos de las principales situaciones que afectan a Cuba en el período seco del año.

Los dos sistemas meteorológicos han sido bien estudiados, de manera que existen las cronologías actualizadas de ellos con periodo de estudio de más de 80 años realizadas por González (1999, 2008) y Ballester (2000, 2008). Sin embargo, las bajas extratropicales, asociadas a ambos sistemas no se han tratado de igual manera, ya que los estudios se han enfocado más hacia los elementos del tiempo, asociados con su

afectación, como su influencia sobre situaciones meteorológicas que provocan las penetraciones del mar y estudio de casos de temporadas, que por su nivel de afectación han sido importantes en el área (Hsu, 1993 y Schumann *et al.*, 1995). Los pocos trabajos con enfoque climatológico carecen de un periodo de tiempo representativo como para caracterizarlos climatológicamente, o se realizaron hace algún tiempo y se encuentran desactualizados como los realizados por Saucier (1949) y Lecha *et al.* (1994). La valoración de todo lo expuesto y la escasa documentación científica sobre el comportamiento estacional de las bajas extratropicales (BE) así como sus características estructurales y termodinámicas conllevaron a realizar el estudio cronológico de las BE que han afectado a Cuba en el período invernal, permitiendo conocer a través de una Climatología Sinóptica (CS) los aspectos singulares de estos sistemas, además de su caracterización tanto estacional como estructural. Las bajas extratropicales, conjuntamente con los frentes fríos y los "Sures", forman la trilogía de los sistemas meteorológicos más importantes y variables que afectan a Cuba en el periodo seco o poco lluvioso del año, los que influyen con significativos cambios en el campo de viento, la nubosidad y las precipitaciones, entre otras variables meteorológicas.

Barry y Perry (1973) exponen que la base de toda clasificación asociada a la circulación general es el desarrollo de una Climatología Sinóptica, ya que refleja las relaciones entre las condiciones de circulación atmosférica de gran escala y el ambiente en superficie a escala regional o local. También Yarnal (1993) afirma que uno de los métodos clásicos que se emplea fundamentalmente en la CS, es el que asocia la circulación a la estructura del ambiente superficial, aplicando una clasificación de los mapas a escala sinóptica, que contempla los enlaces con el ambiente a escala regional o local. Y a la vez se puede aplicar para evaluar la intensidad de la relación circulación ambiente con fines de pronósticos.

Para el estudio las bajas extratropicales se requiere

confeccionar la climatología sinóptica de estas, como principal aporte, ya que con ella se complementa la trilogía de los sistemas meteorológicos a través de los cuales se manifiesta la interacción extratropical-tropical, que pudiera ser la base de los estudios de variabilidad climática de esa situación meteorológica. Esto unido a la caracterización derivada de ella, aportará resultados que se pudieran considerar en el diseño del método de pronóstico estacional para la temporada invernal.

El objetivo de este trabajo es confeccionar la climatología sinóptica de las bajas extratropicales que afectaron a Cuba en las 58 temporadas invernales comprendidas en el periodo de estudio (desde 1950-1951 hasta 2007-2008), considerando su comportamiento en las diferentes escalas temporales. Así como, determinar la situación media asociada a la etapa evolutiva de las bajas extratropicales y caracterizarlas según su estructura dinámica y térmica en esa etapa de su desarrollo. Los resultados emanados de este trabajo contribuirán a los estudios de la variabilidad climática, así como las situaciones sinópticas medias que se determinen, se pudieran valorar como una herramienta más en el pronóstico a mediano plazo durante el periodo poco lluvioso del año.

## **Características de las afectaciones en el periodo poco lluvioso en Cuba**

En el periodo poco lluvioso del año, las principales interacciones están dadas por el movimiento por zonas tropicales y subtropicales de sistemas como las altas presiones migratorias y las bajas extratropicales, además del movimiento desde altas latitudes hasta la zona tropical de las masas de aire de origen continental que acompañan a los sistemas frontales. De ahí que los frentes fríos son uno de los sistemas meteorológicos más destacados en esta interacción, y a su vez los responsables de la mayoría de las precipitaciones que se registran en ese periodo. Los frentes fríos al

desplazarse sobre el territorio cubano ocasionan cambios en las diferentes variables meteorológicas, pero de diferentes intensidades a las que se manifiestan en latitudes medias y altas. En consecuencia, los conceptos frontales de latitudes medias, basados en los grandes contrastes de temperatura no son suficientemente útiles para el pronóstico en la región tropical. En esta, los contrastes de humedad y las discontinuidades del viento son vitales, tanto para el análisis como para el pronóstico meteorológico.

En las latitudes tropicales, el campo de viento es más representativo que el campo térmico en los cambios que producen los frentes fríos en su movimiento por bajas latitudes, y debido a esta característica es que en el Instituto de Meteorología de Cuba clasifica los frentes fríos que afectan al archipiélago cubano, considerando el campo de viento (Rodríguez *et al.*, 1984). Los frentes fríos se clasifican en tipos e intensidades, de acuerdo con ese campo meteorológico. En la clasificación citada se considera al giro de los vientos que se presenta al paso del sistema frontal, y por su tipo pueden ser:

- Clásicos: asociados a un centro de bajas presiones. Estos frentes están precedidos por vientos de región sur, y provocan un giro de los vientos a favor de las manecillas del reloj (S-W-N).
- Revesinos: provocan un giro del viento contrario a las manecillas del reloj (E-NE-N).
- Secundarios: afectan uno o dos días después de que un frente frío afectó previamente. Con la característica que este se formó en la circulación de la baja principal.

Por la intensidad de los vientos se clasifican en débiles, moderados y fuertes.

Como se aprecia en las definiciones, una de las características del frente frío, en particular los del tipo clásico, es la presencia de una baja extratropical, responsable de la circulación de los vientos que presenta este tipo de frente. Otro régimen de vientos de importancia

que se manifiesta en Cuba en este periodo del año son los "sures", conocidos como "Vientos de Cuarema", que soplan con mayor frecuencia entre los rumbos del Sur-Sureste (SSE) y Sur Suroeste (SSW) e influyen en la región occidental de Cuba, principalmente en los meses de septiembre a mayo. Según Rodríguez y Ballester (1985) se consideran los casos donde el viento sobrepasa los 35 km/h y tiene una persistencia igual o mayor a tres horas. Estos vientos son provocados en su mayoría, por la presencia de bajas extratropicales en el Golfo de México o en los estados del Sur de los Estados Unidos, aunque muchas veces a la influencia de este sistema meteorológico se le suma la presencia de una dorsal anticiclónica subtropical, localizada en el Mar Caribe que intensifica el gradiente barométrico. Además, pueden llegar a ser muy intensos, alcanzando rachas superiores a los 100 km/h, que junto al transporte de gran cantidad de calor y humedad, pueden provocar según su persistencia, afectaciones a distintas ramas de la economía como es la agricultura e incluso provocar inundaciones costeras en zonas bajas de la costa sur de la región occidental cubana.

## **Características generales de las bajas extratropicales**

Se evidencia la estrecha relación que tienen estos dos sistemas; el tránsito de las bajas extratropicales en la zona tropical es específico del periodo invernal. Las bajas extratropicales, también conocidas como ciclones extratropicales y en menor medida como ciclones de latitudes medias o ciclones de onda, forman parte de los sistemas meteorológicos a escala sinóptica (de latitudes medias), que no poseen características ni polares ni tropicales, sino que están asociadas a zonas de alta baroclinicidad.

Las bajas extratropicales o ciclones extratropicales son centros de bajas presiones que se generan en el seno de las vaguadas polares en las latitudes medias y altas, debido al contraste entre las masas de aire de diferente

temperatura y humedad, por lo que el aire que la forma no es homogéneo. También tienen asociadas extensos sistemas nubosos, productores de precipitaciones en forma de lluvia y nieve, constituidos por una zona de bajas presiones y masas de aire diferentes, a lo largo de la cual se desarrollan líneas de discontinuidad térmica y humedad, llamadas comúnmente frentes atmosféricos. Una baja extratropical tiene asociado en su estadio inicial un frente frío y uno caliente y entre ambos sistemas hay una zona llamada sector caliente, presentando un ciclo de vida que consta de varios estadios de evolución, desde su nacimiento hasta su extinción o disipación. Los sistemas de bajas presiones extratropicales no solo se forman y se disipan sobre el continente norteamericano, sino que este proceso también se manifiesta en el área del Golfo de México y en los estados del Sur de los Estados Unidos. Las bajas extratropicales que se generan e intensifican en el citado golfo se les denominan "Golfianas", las cuales afectan directamente a Cuba.

Se forman comúnmente en las regiones extratropicales o subtropicales (30°- 60° N) por dos procesos, uno mediante la ciclogénesis extratropical y el otro por la transición de organismos tropicales a extratropicales. Estudios revelan que en el hemisferio norte se forman aproximadamente 234 ciclones extratropicales en cada temporada invernal (Gulev *et al.* 2001).

## **Materiales y métodos**

El dominio de estudio se estableció en el área comprendida por las latitudes entre 15° N y 40° N y desde 100° W a 60° W, donde se analizará la muestra de los posibles casos a estudiar, basado en el criterio de que cualquier BE, cuyo centro estuviera fuera de esta área, no tendría influencia alguna sobre Cuba por sí misma, aunque tal vez sí fuera afectado por el sistema frontal asociado, que no es el objetivo de estudio en este trabajo.

Se consultaron las siguientes cronologías "Cronología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde la temporada invernal 1916-1917 hasta la de 1982-

1983 (67 temporadas invernales)", de Rodríguez *et al.* (1984); "Climatología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1916-1917 hasta 1996-1997" (González, 1999), "Actualización de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1997 hasta 2008" (González, 2006; González, 2007; González, 2008). De ellos se seleccionaron solamente los frentes clasificados como clásicos; de igual manera se extrajeron las fechas de la cronología de "Sures" (Rodríguez y Ballester, 1989) y Ballester *et al.* (2000). La información sirvió de base como referencia para obtener las posibles fechas de afectación de las bajas extratropicales al territorio cubano, ya que se conoce su relación con estas dos situaciones meteorológicas, aunque no se descartaba la influencia de un número muy pequeño de estos organismos de latitudes medias, que habiendo cruzado por el área de estudio, no se denotará la afectación frontal ni la presencia de vientos "Sures", pero entonces, era poco probable que haya tenido influencia directa sobre el archipiélago cubano.

Con el objetivo de obtener las fechas reales de las BE que influyeron en Cuba, se confeccionó una base de datos unificada de ambas cronologías, eliminando las fechas coincidentes, y otras, que por su proximidad temporal se pudieran producir por un mismo sistema o que por su trayectoria provocara eventos en días consecutivos como la presencia de "Sures" (en uno o varios días) y posteriormente debido al movimiento de ese sistema, afectara un sistema frontal. Estos casos de afectación en múltiples fechas se agruparon bajo una sola fecha, tomando como referencia la última de los días posibles de afectación.

Para el estudio se consideraron los datos meteorológicos de la base de datos del *National Center for Environment Prediction* (NCEP) y del *National Center for Re-Analysis* (NCAR), (Kalnay *et al.*, 1996), tomados del sitio web <http://www.cdc.noaa.gov>, que tiene disponible gran cantidad de variables meteorológicas, con una resolución de 2.5°, aceptable para el análisis a escala sinóptica. El área de estudio planteada contiene una

sub-rejilla a la que le corresponden un total de 11 x 17 puntos y de estos, seis cubren el territorio cubano.

En la base de datos están disponibles la mayoría de las variables de interés en toda la columna troposférica, en los horarios sinópticos (00Z, 06Z, 12Z y 18Z), lo que permitió que el periodo seleccionado se extendiera entre las temporadas invernales de 1950-1951 y de 2007-2008, donde se encuentran incluidas además, las dos cronologías básicas referenciadas. Es un periodo que cumple con la representatividad informativa, en concordancia con lo establecido para la caracterización climatológica de las bajas extratropicales (Prácticas Climatológicas, OMM, 2007).

A partir de aquí se realiza la verificación caso a caso mediante el análisis de los mapas de la presión a nivel del mar (PNM) en los 4 horarios sinópticos. Primero, ver si hay presencia de una BE en la zona de estudio; segundo, realizar la exclusión de aquellos sistemas que influyeron en el sistema frontal y tercero, que el centro de bajas presiones por su posición y características no influyeran sobre Cuba, así como la corrección de algunas fechas que pudieran ser ambiguas por falta de información y conllevaran a errores. También fue necesario consultar el Archivo de Mapas Sinópticos y documentos informativos emitidos en el Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET) para corroborar la presencia y características de algunos sistemas extratropicales.

La base de datos complementaria se descargó desde el sitio web <http://www.cdc.noaa.gov> del NCEP/NCAR. Las variables iniciales utilizadas fueron la presión a nivel del mar para determinar la posición e influencia de las BE sobre el territorio cubano, y la altura geopotencial de los niveles troposféricos (1000, 850, 700, 500 y 200 hPa), considerando otras variables en el nivel de 850 hPa para complementar la información de estos sistemas y así determinar que la relación entre ellas coincidieran en el mismo periodo, además de descartar aquellas que fueran de origen tropical.

### **Criterios selectivos**

### **para la muestra de estudio**

Como el objetivo de esta investigación es la cronología de las bajas extratropicales que influyeron sobre Cuba, se establecen los criterios a partir de los cuales se va a considerar la influencia de un determinado ciclón extratropical sobre el territorio cubano.

La definición de influencia de una baja extratropical se estableció a partir de la configuración que ese organismo presentara en el campo de la presión a nivel del mar (PNM), y se tomó el valor de 1013 hPa, representativo de ese. Para considerar la influencia del sistema extratropical sobre el archipiélago cubano se definieron los siguientes criterios de influencia, con la condición que se cumpliera, al menos, uno de ellos:

- 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. Aquí 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 esta no la delimite una isobara cerrada o el valor de la presión no sea inferior a 1013 hPa.

### **Características consideradas para clasificar las BE**

A partir de esos criterios se consideraron una serie de características para utilizarlas en la posterior clasificación y agrupación de BE. Los elementos que se tuvieron en cuenta son las zonas del país que estuvieron bajo su influencia, zona evolutiva de la BE y tipo de trayectoria.

Para definir las áreas bajo la influencia de un sistema

determinado se asumió una división en tres zonas por provincias, similar a la establecida para los pronósticos del tiempo con fines de información pública (Manual de Procedimiento, Instituto de Meteorología, 2000):

- Zona 1 Occidente: Pinar del Río, La Habana, Ciudad de La Habana, Matanzas y la Isla de la Juventud.
- Zona 2 Centro: Cienfuegos, Sancti Spíritus, Villa Clara y Ciego de Ávila.
- Zona 3 Oriente: Camagüey, Las Tunas, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo.

El criterio de influencia antes expuesto se le aplica por separado a cada zona, haciendo que un organismo que afecte a todo el territorio nacional, no tenga que hacerlo necesariamente de manera simultánea en las tres zonas descritas, sino que pudo haber sido en distintas etapas evolutivas y según su movimiento, así como bajo distintos criterios.

También se definieron tres zonas evolutivas de las BE (figura 1), considerando el análisis de frecuencia realizado a la muestra obtenida y 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. Las tres regiones evolutivas son:

- Continental: aquellas cuyo origen y evolución esté sobre cualquier parte del continente; además, se incluyen las que entran al área desde el oeste de los Estados Unidos y otras que se formen en el límite costero occidental, pero que por su desarrollo inmediato se ubiquen y desarrollen sobre la masa continental.
- 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. Dentro de estas se incluye la subcategoría de Golfianas para el caso de las que se forman en la Bahía de Campeche e inclu-

so algo más al norte (hasta 26° N), normalmente en la parte occidental del Golfo de México, que tienen como peculiaridad una rápida intensificación y rápido desplazamiento con trayectorias al primer cuadrante (nordeste al este), lo que las hace típicas de afectación por "sures" e igualmente de influencia directa sobre el territorio, en el campo de la presión atmosférica.

- Océano Atlántico: se considera a los sistemas 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.

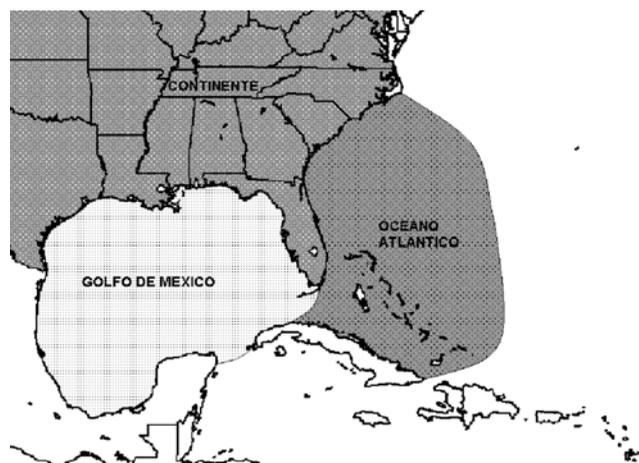


Fig. 1. Zonas o áreas evolutivas de las BE.

Asimismo, se subdividieron los posibles grupos de trayectorias, tomando la dirección media de la misma o en el caso de que se presentaran dos o más tramos con diferencias muy marcadas, se toma la que haya provocado la influencia directa sobre Cuba o la predominante, quedando estructurada de la manera siguiente:

- Trayectorias hacia el nordeste (NE): aquellas que poseen un rumbo medio de esa dirección, aunque por momentos no se haya presentado derivación hacia el norte o al este.
- Trayectorias hacia el este (E): incluye desde el este-nordeste (ENE) hasta el estesudeste (ESE), tomán-

dose como una subcategoría, aquellas que hagan este tipo de trayectorias pero por altas latitudes (superiores a 38°N), lo que hace que su centro y/o gran parte de la circulación quede fuera del área de estudio, aunque esta tenga influencia directa sobre el territorio cubano.

- Trayectorias hacia el norte (N): las que tengan un rumbo comprendido entre el norte (N) y el nortenordeste (NNE), excluidas aquellas que tenga rumbo próximo al nortenoeste (NNW) u otra trayectoria al cuarto cuadrante.
- Trayectorias Anómalas (A): todas las que queden excluidas de cualquiera de las direcciones anteriores, asumiendo que presentan un rumbo no característico de estos sistemas invernales.

Además, se incluyen a manera de complemento para cada uno de los casos, una descripción de la formación, desarrollo, trayectoria y otros elementos significativos asociados. Antes de comenzar el procesamiento de la muestra, en cada caso, se determinó cada una de las características antes descritas; y de manera semiempírica se formularon una serie de hipótesis que, en alguna medida, estaban respaldadas por la práctica operativa y por el resultado del análisis cronológico de los sistemas frontales, que serían verificadas durante ese proceso.

- El trimestre con mayor cantidad de casos de BE debía estar comprendido entre enero y marzo.
- La frecuencia mayor de los casos debían ser de origen Continental y de la Cuenca del Golfo, siendo pocos los casos del Océano Atlántico.
- La trayectorias más comunes debían estar hacia el primer cuadrante, comprendidas entre el nordeste (NE) y el este (E).

## Procesamiento de la muestra

Después de verificada la muestra, se comienza con su procesamiento estadístico; en un principio, mediante el uso de la estadística descriptiva en busca de elementos que caracterizan la muestra obtenida y que permitan estratificarla a un número menor de casos representativos, y delimitar a solo tres meses, el período para continuar el estudio más profundo, debido a la cantidad de casos a analizar y al procesamiento de ellos. Este análisis estadístico descriptivo, se basa en el uso de los estadígrafos media, mediana, varianza y desviación estándar. En el caso del análisis a la totalidad de la muestra se obtuvo el valor de frecuencia por temporada, los estadígrafos antes mencionados y los valores correspondientes al cuartil uno y el cuartil tres; igualmente en el caso de la distribución por meses donde se analiza el comportamiento de todo el año y el del período poco lluvioso. En el caso de la división según zonas evolutivas, además de la cantidad de casos en todo el período de estudio, se determina de forma similar a la muestra completa, el comportamiento por temporada y mensual de cada uno de las áreas establecidas. Similar proceso se aplica a las divisiones según los tipos de trayectoria y a las zonas de influencia sobre Cuba. Para la estadística descriptiva se utiliza fundamentalmente el Microsoft Excel en sus versiones 2003 y 2007, auxiliado además por el STATISTICA 6.0.

Dentro del análisis estadístico descriptivo se determinó la posible relación o la influencia del evento de teleconexión El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Se conoce que el ENOS es un evento de teleconexión capaz de alterar la circulación general de la atmósfera y el desarrollo e intensidad de los fenómenos meteorológicos a gran escala. Horel y Wallace (1981), en un detallado estudio de las teleconexiones entre los indicadores del evento El Niño y la altura de geopotencial en los extratropicos, encontraron anomalías significativas en la posición de los centros anticiclónicos y ciclónicos. Esos resultados se resumen en el esquema referido como el

Patrón Pacífico/Norteamérica, conocido por sus siglas en inglés como PNA.

Además, varios estudios como los de Lapinel y Naranjo (1997) y Naranjo (1994), plantean que bajo condiciones ENOS se favorece, en general, la formación de bajas extratropicales en el Golfo de México.

En concordancia con todo lo expuesto se pudiera afirmar que bajo los efectos del evento ENOS, entre otras anomalías circulatorias, se presenta un desplazamiento más hacia el sur de los sistemas de latitudes medias, lo que conlleva a una mayor influencia de ellos sobre el territorio cubano. En el estudio se considerarán los eventos ENOS de intensidad moderados y fuertes, representados por los valores -1 y -2 respectivamente.

En cada mes se prevé encontrar diferencias significativas entre las condiciones de cada región. Estas diferencias entre las regiones evolutivas de las BE se valorarán por medio del parámetro estadístico Z. La hipótesis de que ambas poblaciones tienen medias iguales se rechazará si  $|Z| > 1,96$  para el nivel de significación prefijado del 5%, lo que implica que las muestras pertenecieran a dos poblaciones diferentes. Similar criterio se aplicó a las variables seleccionadas para cada tipo de patrón; es decir, que si en alguna variable esta condición se cumplía, entonces se asumía la caracterización de la misma. El parámetro estadístico Z se calculará por las expresiones:

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

donde  $\bar{X}_A$ ,  $\bar{X}_B$  y  $\bar{X}_C$  son las medias de las regiones A, B, y C, con las desviaciones típicas  $S_A$ ,  $S_B$ ,  $S_C$ , respectivamente;  $N_A$ ,  $N_B$  y  $N_C$  son la cantidad de casos de cada tipo.

De esta muestra se analizan todos los casos, atendiendo además de la PNM, a otras variables como la altura de las superficies de geopotencial en los niveles de 1000, 850, 700, 500, 200 hPa, el espesor de la capa

1000-500hPa; los valores de viento en el nivel de 200 hPa, la humedad relativa y la temperatura del aire en el nivel de 850 hPa, la velocidad vertical ( $\omega$ , omega), y el agua precipitable contenida en toda la columna troposférica.

Los mapas de la presión a nivel del mar y los niveles de 1000, 850, 700, 500, 300 y 200 hPa, se utilizaron para determinar la estructura vertical de los diferentes sistemas meteorológicos. También se utilizaron los mapas de los campos derivados como la divergencia, la vorticidad y los movimientos verticales, entre otros, para complementar la distribución de esos campos en la estructura caracterizada de las bajas extratropicales.

Se pretende obtener los valores de la configuración media en cada una de las variables en la etapa evolutiva de la BE, definiéndola como los tres primeros días a partir de la formación o entrada en el área de estudio; basados en que estadísticamente estos sistemas en ese periodo ya han afectado el territorio cubano. A partir de esta configuración media se pretende identificar las condiciones representadas en todos los casos que pertenecen a una misma zona de un mes determinado e igualmente establecer las diferencias entre ellas.

Además, se podrá determinar mediante el estadígrafo Z si los casos de las diferentes zonas evolutivas correspondientes a un mismo mes, pertenecen o no a poblaciones diferentes, y en qué puntos del área estas se hacen significativas. El cálculo de Z se realiza en cada punto de la rejilla seleccionada, extrayendo en estos los datos del mapa medio del día de génesis de cada uno de los casos de un mes y una zona determinada que pueden ser, tanto positivos como negativos. Posteriormente, los datos se grafican para dar una representación en la distribución areal, y en ella las zonas con un comportamiento significativo. Las variables seleccionadas fueron: la presión a nivel del mar, la altura de geopotencial en los niveles de 850 hPa y 700 hPa, la humedad relativa y la temperatura en el nivel de 850 hPa.

## Discusión de los Resultados

El estudio cronológico de esos sistemas meteorológicos arrojó un total de 662 casos de bajas extratropicales. En la tabla 1 se refleja la estadística descriptiva del total de la muestra.

Tabla 1. Estadística descriptiva de toda la muestra de casos

Temp.	Casos	Media	Mediana	Varianza	Desviación Estándar	1er Cuartil	3er Cuartil	Moda	Coefficiente de Asimetría	Curtosis
58	662	11.43	10	28.6	5.35	8	14	9	1.56	3.22

Mediante la interpretación de los resultados expuestos en la tabla 1 se aprecia, que en las 58 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, 75% de las temporadas han tenido al menos 8 casos, la mitad al menos 10 casos y solo 25% ha superado los 14 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 9 casos, presente en 10 temporadas. El perfil de la distribución indicado por los valores de la curtosis muestra una curva apuntada (leptocurtica), con un desplazamiento de la simetría hacia la derecha (la media es mayor que la mediana y esta a su vez es mayor que la moda), indicado por el valor del coeficiente de asimetría.

Al analizar la distribución por meses se prueba la hipótesis planteada, de que la mayor frecuencia de casos de BE se presentaba en el periodo poco lluvioso del año, correspondiente a los meses desde noviembre hasta abril, y coincidentes con la temporada invernal, lo que permite delimitar el estudio solo a este periodo y a los meses que lo conforman para continuar con la caracterización de las BE según su comportamiento respecto a las zonas evolutivas, los tipos de trayectorias y las zonas de influencia sobre Cuba, así como para determinar el comportamiento interestacional. Los

meses de enero, febrero y marzo se definen como el trimestre más activo dentro del periodo poco lluvioso con 58.5% de los casos, para un total de 388.

Con respecto a las zonas o áreas evolutivas de las BE (Atlántico, Continente y Golfo de México, esta última subdividida para el caso de las clasificadas como "Golfianas", que aunque proceden de la misma zona evolutiva presentan ciertas peculiaridades). Los resultados demuestran que la zona con mayor frecuencia de BE fue la continental con 376 casos, 57% de toda la data cronológica, seguida por la zona del Golfo de México con 256 casos (39%), de ellas 108 clasificadas como "Golfianas" (16% del total y 42% de los casos del área evolutiva del Golfo de México). En la zona del Atlántico solo se encontraron 30 casos equivalentes al 5% del total de BE que ha afectado a Cuba, por lo que esta área no fue incluida en el estudio más profundo que dentro del trimestre enero-marzo se abordará, centran-do el estudio solo en las otras dos áreas evolutivas que suman un total de 632 casos.

En el periodo poco lluvioso del año se observa un comportamiento similar al de la población completa, con excepción de la zona del Océano Atlántico; predominando en todos los meses los casos de la zona continental, a pesar de que durante el mes de febrero la diferencia con la zona del Golfo de México es mínima. También es posible determinar que los máximos en cada una de las zonas no ocurren al unísono, ya que la zona del Océano Atlántico es la única en la que los valores máximos no se presentan en meses consecutivos ni muestran una marcada tendencia. Sin embargo, en el caso de las demás zonas estos ocurren en los meses de enero a marzo, coincidente con el trimestre más activo, aunque no están sincronizados. La tendencia dentro de este trimestre para el caso de la zona continental se ve marcada hacia el ascenso con los meses, indicándose el máximo en marzo, mientras que las BE del Golfo de México lo hacen en febrero, comportamiento que siguen las Golfianas con una diferencia más significativa entre los meses de enero y marzo.

Para cada uno de los rumbos establecidos se aprecia que la mayor cantidad de casos se corresponden a trayectorias hacia el primer cuadrante (del NE al E) con 486 casos, de las cuales la mayor cantidad son las del este con 279 casos, de ellas 106 por el norte del área. Las trayectorias anómalas por su cantidad de sistemas (47) son muy inferiores al resto, solo 7% de la muestra que se refleja en valores como una media inferior a un caso por temporada, con ausencia de ellas en 26 ocasiones y un máximo de 3 casos durante los inviernos de 1970 y de 1997.

El análisis del comportamiento estacional según las zonas de influencia (Zona Occidental, Central y Oriental) de las bajas extratropicales que afectaron a Cuba arrojó que la mayor parte del total de casos, más del 95% que han influido sobre el territorio cubano, lo han hecho sobre el occidente, con una tendencia decreciente hacia el resto de las áreas, lo cual es lógico pues, con el avance hacia el este de estos sistemas, pueden sufrir cambios en su intensidad y organización, haciendo que disminuya su área de influencia. En la tabla 2 se muestra la estadística descriptiva para la región occidental de Cuba en la que se observa como promedio, en cada temporada invernal, casi 11 casos que influyen en esta región, con una desviación estándar superior a los 5 casos. La cercanía de los valores de primer cuartil y de la mediana indica que gran parte de la muestra, aproximadamente 25%, presenta una frecuencia entre 8 y 9 casos, siendo 8 el valor más frecuente durante 10 temporadas. Otra cuarta parte de la muestra supera los 13 casos hasta un máximo de 29 en las temporadas de 1997-98, destacando otras 4 con valores superiores a los 20 sistemas.

Al analizar el comportamiento de la cantidad de BE por temporada invernal con la ocurrencia de evento

ENOS, clasificado como moderado o fuerte, se denota que en los inviernos en que se dieron los valores más significativos, en su gran mayoría, comenzaron durante un año en el que hubo influencia del evento ENOS con carácter moderado o fuerte. Estas temporadas son (todas con 15 o más sistemas ciclónicos invernales que influyeron sobre Cuba) 1957-58 (ENOS moderado), 1976-77 (ENOS moderado), 1982-83 (ENOS fuerte), 1983-84 (ENOS moderado), 1986-87 (ENOS moderado), 1987-88 (ENOS fuerte), 1992-93 (ENOS fuerte), 1997-98 (ENOS fuerte) y 2002-03 (ENOS moderado); sin embargo durante la temporada 1969-70 no se registró un evento ENOS con estas intensidades y sí se observaron valores significativos respecto a la cantidad de sistemas con influencia sobre Cuba. En las temporadas 1982-83 y 1997-98, cuyos años de inicio coincidieron con los "Niños" más intensos del siglo xx se registraron los valores máximos extremos de bajas extratropicales con influencia sobre Cuba.

La relación inversa no se manifiesta, pues la presencia de un evento ENOS no significa necesariamente que en una temporada exista un aumento significativo en el número de casos como ocurrió en los inviernos de 1951 (ENOS moderado), 1965 (ENOS fuerte), 1993 y 1994 (ENOS moderados). Después del análisis realizado se puede decir que existe una relación entre la cantidad de bajas extratropicales y la presencia de un evento ENOS con intensidad moderada y fuerte, lo que no solo condiciona para que se observe un aumento significativo en el número de casos de BE con influencia sobre el territorio cubano. No obstante, en la estrecha relación de los sistemas extratropicales con los eventos expuesta anteriormente, no es tan evidente la asociación de los ENOS más extremos con los máximos en el número de BE, pues valores similares en la

Tabla 2. Estadística descriptiva de los casos con influencia sobre la región occidental

No. de Casos	Media	Mediana	Varianza	Desviación Estándar	1er Cuartil	3er Cuartil	Moda	Máximo
629	10.85	9	27.96	5.29	8	13	8	29

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. De lo que se infiere que en esta variabilidad pudieran incidir otras condiciones u oscilaciones de la circulación océano-atmósfera no abordados aquí.

Al analizar la influencia del ENOS sobre el comportamiento estacional en las zonas de estudio se evidenció, que en la región con mayor cantidad de casos (la occidental) existen valores superiores a los 13 sistemas invernales por temporada en 13 eventos, de estas, 9 bajo los efectos del evento ENOS, lo que indica una posible relación directa entre el aumento de la influencia sobre esta región y la presencia del ENOS, al menos como una condición necesaria, pues denota que la relación inversa no se cumple, y no parece haber una dependencia con respecto a la intensidad de los mismos. En el caso de la región central, en 11 de las 58 temporadas se supera el valor significativo establecido de 10 casos y solo en 3 de ellas, no se registró la ocurrencia de un evento ENOS, por lo que se deduce que se puede extrapolar la relación hallada para la región occidental a esta zona. La región oriental es la que menos influencia recibe de estos organismos extratropicales, al registrarse solo 12 temporadas superiores a los 8 casos establecidos, y de esta cifra cinco temporadas invernales no sufrieron los efectos del evento ENOS. Por tanto, se pudiera establecer la relación, aunque en menor grado, de la que se cumple en las otras dos regiones. Posterior al análisis por separado de las regiones: occidental, central y oriental de Cuba, se indica que hay una concordancia entre ellas, aunque la cantidad de temporadas significativas con presencia de ENOS van disminuyendo a medida que se avanza hacia el este. También se destaca en ellas la coincidencia de valores significativos en las temporadas 1969-1970, 1977-1978 y 2004-2005, donde no estuvo presente el evento ENOS, al menos de intensidad moderada o fuerte. Aunque no se descarta que esos valores pudieran relacionar o reflejar la influencia de otras oscilaciones

atmosféricas estacionales no abordadas en el estudio como la oscilación del Atlántico Norte, considerada para estudios posteriores sobre esta temática.

Para el análisis de las configuraciones circulatorias medias se considerarán, tanto las áreas ciclogénicas de la zona Continental y la del Golfo de México en la columna troposférica, como la distribución del campo de humedad, la temperatura, el viento y la velocidad vertical.

En la Zona Continental, en el nivel de la troposfera media se indica, en el mes de enero, un flujo zonal positivo que presenta deformaciones pequeñas, situación que es común para el resto de los meses del periodo, con una tendencia a incrementarse la deformación del flujo con el avance del periodo, primero inclinándose al oeste-suroeste sobre el noreste del continente con la aparición de una vaguada polar en esa zona, correspondiéndole esa situación al mes de marzo. En el desplazamiento de la vaguada hacia el este sobre el continente (la que se extiende hasta el norte del Golfo de México) impone sobre la Península de la Florida y Cuba un flujo del oeste-suroeste; solo deforma el flujo, pues no provoca una disminución de los valores de geopotencial a su paso. Mientras que, en la zona del Golfo de México, en el nivel de 500 hPa, las condiciones medias de formación de los casos que provienen de esa región durante el trimestre de enero a marzo, presenta un flujo zonal positivo con una ligera deformación hacia el oeste-suroeste sobre el citado golfo y el occidente cubano en los dos primeros meses, tornándose algo más zonal durante el mes de marzo. Se muestra el desplazamiento de una vaguada al norte del área que produce una ligera deformación del flujo, la que se acentúa en el mes de febrero, con un gradiente algo más fuerte que en el resto de los meses, pero sin cambios significativos en los valores de la altura de geopotencial.

El análisis de la troposfera alta arroja sobre el continente un flujo prácticamente zonal en toda el área, con poca representación de la vaguada asociada, situación característica para los meses de enero y febrero,

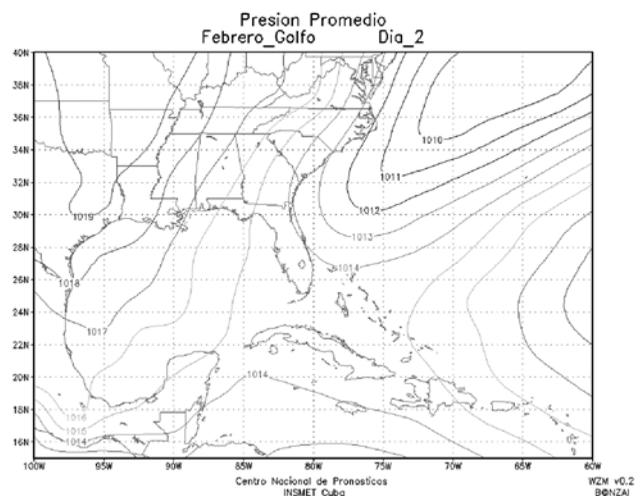
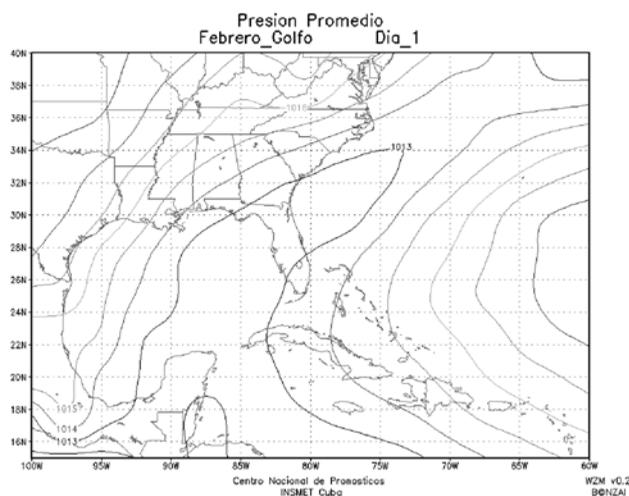
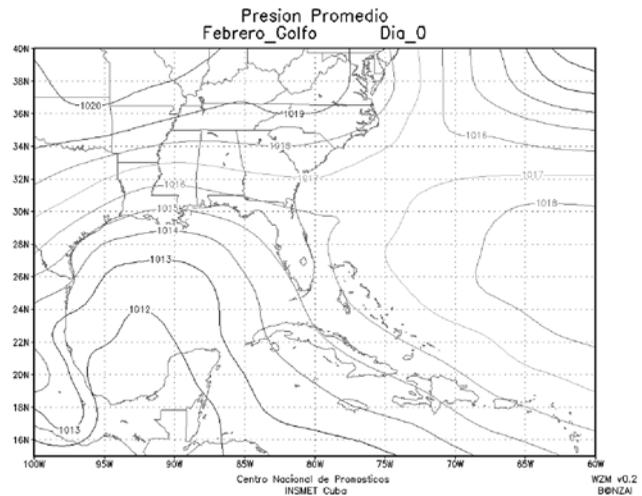
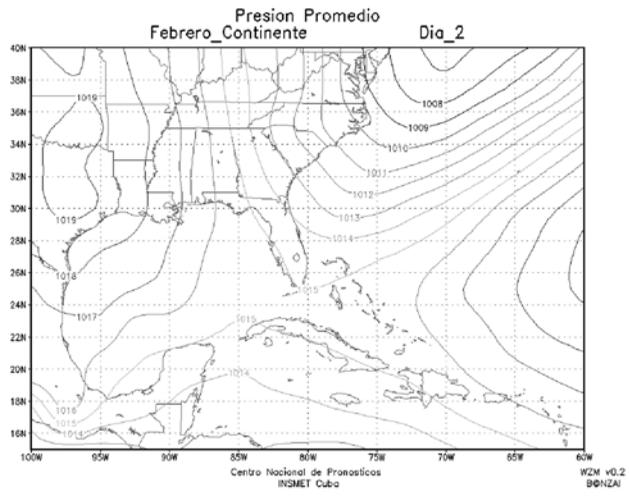
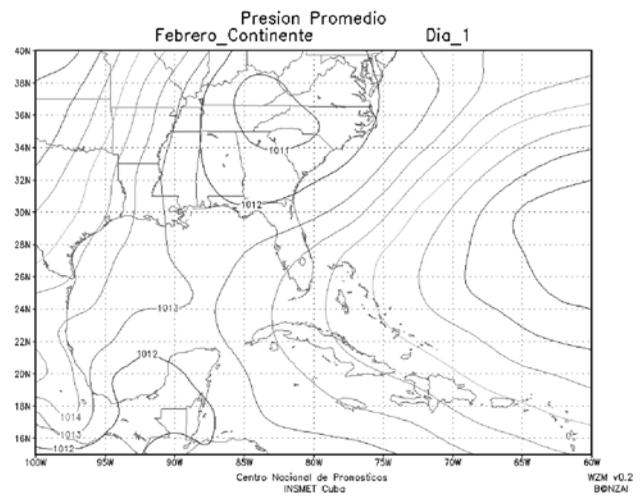
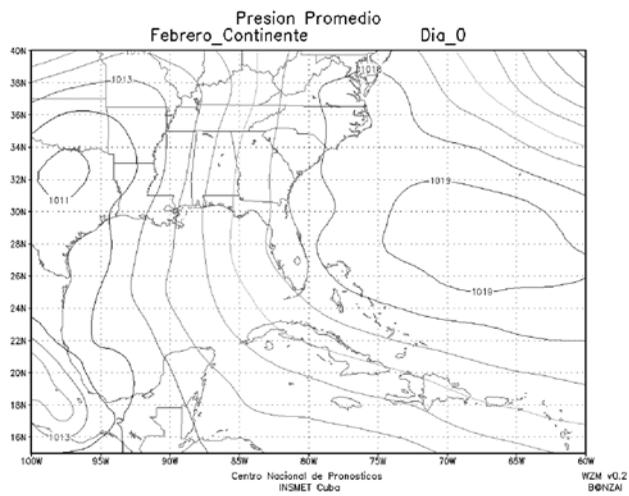


Fig. 2. Configuraciones medias de la PNM para el mes de febrero, Zona Continental (arriba) y Golfo de México (abajo).

algo similar en el mes de marzo con la presencia de una débil dorsal sobre el este del área continental y ligeramente altos los valores de geopotencial. El comportamiento de los sistemas en los días siguientes del proceso de génesis y evolución es muy similar para todos los meses del periodo, con el avance al este de la vaguada y la correspondiente deformación del flujo al oeste-suroeste, avance que tiende a ser menor con el transcurso de los meses. Y para el Golfo de México, las configuraciones medias de las BE provenientes de la zona evolutiva en ese golfo durante el mes de enero, se observa la presencia de un flujo del oeste-suroeste sobre casi toda el área, que llega a ser del oeste sobre el Océano Atlántico, con una vaguada pobremente definida sobre los estados de Oklahoma, Kansas y Texas. Configuración similar a la descrita se presenta en los meses de febrero y marzo, en los que el flujo zonal posee una menor inclinación. El desarrollo y el desplazamiento de los sistemas se caracteriza por el movimiento al este de la vaguada asociada, la que disminuye acentuadamente en el transcurso de los meses, e incide para que el flujo adquiera una mayor componente del oeste.

La distribución de la velocidad vertical en el mes de enero para el continente muestra las zonas divergentes bien delimitadas, con una zona de convergencia asociada a los movimientos ascendentes con valor de  $-69.1$  hPa/12h, los que se extienden sobre su región central, los estados de Oklahoma, Arkansas y Louisiana, hasta el noroeste del Golfo de México. Mientras que el área de movimientos descendentes se indica en las costas del Golfo de Campeche ( $17.28$  hPa/12h), y otro núcleo divergente sobre Cabo Hatteras y el Océano Atlántico occidental, con un valor de  $25.92$  hPa/12h. La zona de movimientos ascendentes en el mes de febrero ocupa posición y valores similares a los del mes de enero, pero con una menor extensión hacia el Golfo de México y más expandida hacia el este sobre el continente, mientras que las zonas divergentes varían poco en su situación con la zona en el Océano Atlántico más desplazada

hacia el este y expandida sobre casi todo ese océano. La configuración del mes de marzo se diferencia de las anteriores con la zona de movimientos ascendentes más desplazada al norte y más intensa, pero con una influencia similar a los meses anteriores, mientras que la zona divergente sobre México se extiende más hacia el sur y debilitada. La evolución de estas zonas se presenta de manera similar, con el desplazamiento al este de la zona de movimientos ascendentes, con su correspondiente expansión en área sobre gran parte del continente, el Mar Caribe y parte del Océano Atlántico y una tendencia a mayor expansión con el avance del periodo. Se observa el progreso de una zona de movimientos verticales descendentes detrás del núcleo ascendente, el cual domina la mayor parte del continente, pero que tiende a cubrir menos área con el transcurso de los meses. Para el Golfo de México la situación media de los casos del mes de enero en esa zona evolutiva presenta un núcleo de movimientos ascendentes al noroeste del Golfo de México con valor de  $-77.76$  hPa/12h, que domina gran parte del mismo, mientras que los movimientos descendentes se extienden sobre todo el Océano Atlántico, Mar Caribe Oriental y parte del continente con un núcleo de  $25.92$  hPa/12h situado en las islas Bermudas. En los meses posteriores la zona convergente varía poco su localización, algo más al este y con valores menores, pero expandiéndose ligeramente sobre los estados del sur y centro del continente y el Golfo de México. En su evolución se denota un comportamiento similar en todos los meses, pero con rasgos distintivos en cada uno de ellos. Una de esas características es el movimiento hacia el primer cuadrante de la zona de movimientos verticales ascendentes, la que varía desde el estenordeste en enero, hacia el este primero, derivando al este-sudeste y luego al norte en febrero. Y un movimiento inicial al este para girar al nordeste en el mes de marzo. También se observa en el transcurso de los meses, una mayor expansión de esta zona, y el correspondiente desplazamiento de una zona de movimientos verticales descendentes detrás de ella, que tiende a un

debilitamiento gradual de su influencia sobre el continente y el Golfo de México.

Para la zona continental la distribución media de la humedad relativa en el nivel de 850 hPa, durante el mes de enero presenta un núcleo de valor máximo (75%) sobre México, el que durante todo el trimestre (enero, febrero y marzo) apenas varía su posición y valor, solo en el mes de marzo cuando se ve considerablemente más debilitado. Una zona de máximo relativo con valores superiores al 60%, pero sin exceder el 70% cubre desde la región central de los EE.UU. (Luisiana, Arkansas, Missouri, Texas, Oklahoma y Kansas) hasta el noroeste del Golfo de México. El mínimo con 45% en la Península de la Florida, y toda la costa este de los EE.UU. con mínimo secundario sobre el estado de Texas fuera del área. En el resto de los meses la distribución de los núcleos máximos y mínimos varía poco, solo oscilan algo en su posición e intensidad con el máximo relativo algo más al norte en el mes de marzo, fortalecido y extendido sobre todo el continente, la aparición de otro máximo en la costa sur de La Española en el mes de febrero. La zona de mínimo, situada sobre el continente, presenta valores algo más altos y más retirada hacia Cabo Hatteras y por tanto, con menor influencia sobre la Península de la Florida, donde aparece un mínimo relativo en el mes de marzo. La zona de mínimo sobre la frontera entre el estado de Texas y México se presenta algo más extendida sobre una pequeña porción del Golfo de México. El desplazamiento de los núcleos ocurre de manera similar en los tres meses con un rumbo del este-nordeste en enero y febrero y más al este en el mes de marzo, aumentando algo su valor, con tendencia a una mayor intensidad a medida que avanzan los meses. El movimiento de la zona de mínimo secundaria viene con rumbo este, expandiéndose sobre el Golfo de México para llegar a influir sobre el centro del continente y su costa sur con valores muy bajos sobre todo en el mes de enero.

Para los casos originados en la zona del Golfo de México el campo de la humedad relativa presenta el máximo

absoluto sobre el territorio mexicano, el cual no varía su posición y aunque presenta valores mucho menores en el mes de marzo, no parece responder a las condiciones sinópticas analizadas. En el mes de enero se observa sobre el noroeste del Golfo de México una zona con altos valores de humedad relativa, relacionada al máximo sobre México. Los valores mínimos se agrupan en una zona amplia, extendida longitudinalmente sobre el continente norteamericano hasta los 90° de longitud oeste, con su núcleo mínimo de 45% sobre Cabo Hatteras. La zona de altos valores en el transcurso de los meses tiende a estar menos vinculada al máximo sobre México, convirtiéndose en un máximo secundario que se sitúa sobre el Golfo de México con valores algo superiores al 65%, variando algo su posición desde Texas y el norte del Golfo de México en el mes de febrero hasta el centro del Golfo de México en marzo. La zona de mínimo sobre el continente se mantiene en el resto del periodo con variación en su intensidad y posición, ubicándose en febrero algo menos extendida hacia el sur y el oeste. Mientras que, en marzo se presenta con dos núcleos: uno sobre el estado de Alabama y otro sobre Cabo Hatteras, pero muy similar en extensión que en los meses anteriores. Como rasgos significativos se destacan la aparición de una zona de altos valores de humedad relativa al nordeste del citado golfo en el mes de febrero, conjuntamente con otra al sur de La Española en marzo, así como zonas de mínimo en el Mar Caribe Occidental y al nordeste de las islas Bahamas. El movimiento del máximo de humedad relativa durante todo el periodo es hacia el nordeste, con una ligera derivación al este-este-nordeste en febrero, acentuándose en esa dirección en marzo, que coincide con la retirada al norte de la zona de valor mínimo sobre el continente, y el avance de otra desde el noroeste del Golfo de México, con variaciones en su extensión, la que es máxima en el mes de febrero cuando cubre el Golfo de México y los estados de Texas, Oklahoma y Kansas.

## Conclusiones

- Se obtuvo la climatología sinóptica de las bajas extratropicales que han afectado a Cuba en el periodo comprendido desde la temporada invernal de 1950-1951 hasta la de 2007-2008, basada en la Cronología de las Bajas Extratropicales determinada en un trabajo de investigación previo. En la tabla cronológica se señalan las principales características de cada una de las bajas extratropicales consideradas.
- Se determinaron con diferencias significativas las zonas evolutivas más importantes de las BE que afectan a Cuba como la zona continental (57%) y la del Golfo de México (39%). Así como las trayectorias más frecuentes que ellas describen que son: hacia el este y el nordeste con 42.1% y 31.27% respectivamente. La influencia de las BE sobre Cuba presentó el siguiente comportamiento: 95% sobre la región occidental, 71.2% sobre la central y 55.9% sobre la oriental.
- La Climatología Sinóptica desarrollada muestra las configuraciones medias de las distintas variables y campos meteorológicos en la etapa evolutiva de las bajas extratropicales, en los niveles de la troposfera baja, media y alta.
- Se determinó la relación entre la ocurrencia del evento ENOS y los valores significativos en la cantidad de bajas extratropicales que influyen sobre Cuba, así como en su origen, trayectorias y regiones que afecta.

## Recomendaciones

- Que los resultados obtenidos en este trabajo se apliquen a los estudios de variabilidad climática sobre Cuba en la temporada invernal.
- Que los resultados alcanzados sirvan de base a estudios posteriores sobre esta temática.

## Bibliografía

- Ballester, P.M., González C., Sarmientos, M. (2000): Sistemas de bajas presiones invernales y su influencia en la región occidental de Cuba. Informe Científico de Resultado. Proyecto: Prevención y Reducción de Desastres provocados por fenómenos meteorológicos peligrosos. Pp. 52. Inst.de Meteorología.
- Barry, R.G. and A.H. Perry (1973): Synoptic Climatology. Methods and Applications. Methuen and Co. Ltd. London. 555 pp.
- Centella, A., J. Llanes, L. Paz (2001): República de Cuba, Primera Comunicación Nacional de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. UNDP, UNEP, CITMA y CC:TRAIN, pp 169.
- González, P. C. (1999): Climatología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1916-1917 hasta 1996 -1997. Rev. Cubana de Meteorología. Vol. 6 No.1, pp 15-19.
- \_\_\_\_\_ (2000): Conferencias de Meteorología Sinóptica. Inédito
- \_\_\_\_\_ (2001): Resumen de la Temporada Invernal 2000-2001. Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba. Vol. 7. No.2.
- \_\_\_\_\_ (2002): Resumen de la Temporada Invernal 2001-2002. Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba. Vol. 8. No.2.
- \_\_\_\_\_ (2006): Resumen de la Temporada Invernal 2004-2005. Revista Cubana de Meteorología. Vol. 13. No. 1.
- \_\_\_\_\_ (2007): Resumen de la Temporada Invernal 2005-2006. Revista Cubana de Meteorología. Vol. 14. No. 1.
- \_\_\_\_\_ (2009): Resumen de la Temporada Invernal 2006-2007. Revista Cubana de Meteorología. Vol. 15. No. 1.
- González, C. y G. Estévez (2003): Resumen de la Temporada Invernal 2002-2003. Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba. Vol. 9. No.1.

- González, C.; A. Ortega (2004): Resúmenes Mensuales (2003-2004). Sitio WEB Instituto de Meteorología.
- \_\_\_\_\_ (2008): Resúmenes Mensuales (2007-2008). Sitio WEB del Instituto de Meteorología.
- 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.
- Kalnay, E. and Coauthors, (1996): The NCEP/NCAR Reanalysis 40 year Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* No 77, pp 437-471.
- Lapinel, B. y L. R. Naranjo (1997): Tormentas locales severas, grandes precipitaciones y sequías. , in *Variaciones y cambios del clima en Cuba: 10 p.*; La Habana: Instituto de Meteorología.
- Lecha, L., L. R. Paz, B. Lapinel (1994): *El clima de Cuba*, Editorial Academia, Ciudad de la Habana.
- OMM (2007): *Guide to Climatological Practices Draft Third Edition*.
- Paegle, J.N. and Kierulff, L. P. (1974): *Synoptic Climatology of 500 mb Winter flux types*. *J. Appl. Meteor.* Vol. 13 No. 2 p. 205-220.
- Pérez, R., R. Vega, M. Limia (2000): *Cronología de los Ciclones tropicales de Cuba*. Informe Científico de Resultado, Instituto de Meteorología, 27 p.
- Rodríguez, R. M., J.V. Quiñones y C. González (1984): *Cronología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde la temporada invernal 1916-1917 hasta la de 1982-1983 (67 temporadas)* Rep. de Invest. No. 9, Instituto de Meteorología, La Habana, 15 pp.
- Rodríguez, M. y M. Ballester (1985): *Los Sures que han afectado a la mitad occidental de Cuba*. *Cronología Clasificada*. Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Instituto de Geografía, ACC, La Habana, Madrid.
- Rubiera, J. y A. Caymares (1998): *Eventos del tiempo severo inducidos por el ENSO en la temporada invernal cubana*. *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines*. Tome 27, No. 3. Pp. 845-855.
- Yarnal, B. (1993): *Synoptic Climatology in Environmental Analysis*, Behaven Press, London, 195 pp.

## Abstract

During the dry period of the year, associated with the winter season, Cuba receives a greater influence of extratropical organisms, among which are cold fronts, the "Sures" and the extratropical lows (BE). The latter despite their great importance, have been only studied in applied research for their role in other phenomena and weather conditions.

Based on the chronological study of the extratropical lows that have affected the Cuban archipelago, in the period between the winter of 1950-1951 and 2007-2008 made by Pila (2009) was designed the Synoptic Climatology (CS) of these winter systems, with similar serial length and is presented in this work. Are obtained mean configurations of different variables and selected meteorological fields, among which are (sea level pressure, relative humidity, geopotential height in the lower, middle and upper troposphere, wind field and precipitable water). Also addressed the seasonal and interseasonal behavior of extratropical low that affected Cuba in the chosen period. The areas of the continent and Gulf of Mexico, proved to be those that contribute most to the number of BE affecting Cuba, mainly to the western region, with an average of 11 systems per winter season. And the January-February-March as the period of greatest frequency with the Northeast direction as the most frequent. Also addressed the variability that BE presented under the forcing of ENSO event.

**Key word:** extratropical cyclone (EC), Development Region, EC track, Sea Level pressure (SLP)