

Patrones sinópticos asociados con el comportamiento estacional de los frentes fríos en Cuba



<https://cu-id.com/2377/v28n4e02>

Synoptic patterns associated with the seasonal behavior of cold fronts in Cuba

✉ Laura Marrero Malvarez^{1*}, ✉ Elier Pila Fariñas²

¹Centro de Meteorología Marina, La Habana, Cuba.

²Instituto de Meteorología de Cuba, La Habana, Cuba.

RESUMEN : La presente investigación consiste en un estudio climatológico y sinóptico sobre los frentes fríos que afectaron a Cuba en las temporadas comprendidas entre la de 1950 - 1951 y la de 2014 - 2015, agrupados en los trimestres octubre - noviembre - diciembre y enero - febrero - marzo; para ello, estos sistemas fueron estratificados según su clasificación en tipos e intensidades, lo cual contribuye al desarrollo de un método de pronóstico estacional de la temporada invernal. Se obtuvieron los patrones sinópticos de las distintas variables estudiadas (presión a nivel del mar, altura geopotencial en los varios niveles de la tropósfera, campo de viento en niveles bajos, medios y altos y el campo térmico en el nivel de 850 hPa) según la afectación de los frentes fríos al archipiélago cubano en los trimestres seleccionados. También se determinaron los elementos significativos entre estos patrones troposféricos, que permitan diferenciarlos. En el caso de los frentes fríos clásicos se evidencia una mayor frecuencia y los resultados guardan estrecha relación con estudios similares de bajas extratropicales; los frentes reversinos presentaron un comportamiento diferente, donde los patrones apuntan a favorecer una mejor estructura de las altas presiones migratorias. Por otro lado, la frecuencia de afectación de los frentes secundarios y fuertes es mayor en los trimestres de comportamiento bajo, y los frentes débiles y moderados se manifiestan similares a los frentes clásicos de forma general.

Palabras claves: temporada invernal en Cuba, frentes fríos, patrones sinópticos.

ABSTRACT: The present investigation consists of a climatological and synoptic study on the cold fronts that affected Cuba in the seasons between 1950 - 1951 and 2014 - 2015, grouped in the quarters October - November - December and January - February - March; these systems were stratified according to their classification in types and intensities, which contributes to the development of a seasonal forecasting method for the winter season. The synoptic patterns of the different variables studied (sea level pressure, geopotential height at different levels of the troposphere, wind field at low, medium and high levels and the thermal field at 850 hPa level) were obtained, grouped according to the impact of cold fronts on the Cuban archipelago in the selected quarters. The significant elements between these tropospheric patterns were also determined through the statistical parameter Z, which would allow them to be differentiated. In the case of classic cold fronts, a greater frequency is evident and the results are closely related to similar studies of extratropical cyclone; the reverse fronts presented a different behavior, where the patterns point to favor a better structure of the high migratory pressures. On the other hand, the frequency of the secondary and strong fronts is greater in the quarters of low behavior, and the weak and moderate fronts appear similar to the classic fronts in general.

Key words: winter season in Cuba, cold fronts, synoptic patterns.

INTRODUCCIÓN

Debido a la desigual distribución de la radiación solar sobre la superficie terrestre, existe un intercambio de momentum y energía entre las distintas latitudes. Los procesos de interacción entre latitudes bajas y medias juegan un papel

importante en el tiempo y el clima de determinadas regiones, llegando a ser una característica esencial de las mismas. Tal es el caso de la región tropical, donde los sistemas de latitudes medias, como los frentes fríos, incursionan con gran regularidad, principalmente en el invierno, que coincide con el período poco lluvioso del año en Cuba.

*Autor para correspondencia: Laura Marrero Malvarez. E-mail: laura.marrero@insmet.cu

Recibido: 01/09/2021

Aceptado: 06/09/2022

Los frentes fríos son zonas de transición entre dos masas de aire con características diferentes, principalmente en su contenido de humedad y temperatura, en la que la masa de aire frío desplaza a la masa de aire cálido (Justiz, 2017). Según Rodríguez et al. (1984), el Centro de Pronósticos del Instituto de Meteorología de Cuba clasifica a los frentes fríos atendiendo al campo de viento, siendo según sus tipos en clásicos, reversinos y secundarios; y por sus intensidades en débiles, moderados y fuertes.

Los frentes fríos, pueden producir a su paso ante la presencia de fuertes contrastes térmicos y cizalladuras del viento intensas, fenómenos meteorológicos peligrosos, tanto a una escala mayor, por la influencia de los vientos, lluvias y fuertes marejadas, así como por otros fenómenos severos (en la mesoescala) a ellos asociados.

Para ello las previsiones meteorológicas siguen avanzando y hoy en día, la previsión estacional (con una antelación de varios meses), se está convirtiendo en una necesidad. Esta consiste en pronosticar con una antelación de varios meses los parámetros climáticos y suministrar la media durante una temporada determinada (Ferry, 2010).

La Predicción mensual y estacional a largo plazo del comportamiento de los sistemas meteorológicos, así como de la circulación en la atmósfera para diferentes regiones del mundo, es de gran interés científico, social y económico; dada la influencia que tienen en el desarrollo de muchas actividades socio - económicas las variables asociadas a ellos, pudiendo alterar su ritmo e incidir de manera catastrófica sobre un territorio determinado (Espinosa, 2018).

Los sistemas frontales han sido objeto de estudio en diversas investigaciones de autores a nivel internacional, tal es el caso de los realizados por Schumann y Van Roy (1951), Morgan et al. (1975) y Berry (2011) quienes analizan la frecuencia de afectación de frentes fríos y realizaron climatologías de los mismos.

En la región del golfo de México, el mar Caribe y el sur de los Estados Unidos las investigaciones han sido realizadas por DiMego et al. (1976), Henry (1979) y Hardy y Henderson (2003). Estos últimos además de analizar la variabilidad de los frentes fríos en esta región, también estudiaron los efectos de tres patrones de teleconexión (El Niño-Oscilación del Sur, Patrón Pacífico-Atlántico Norte y Oscilación del Atlántico Norte) en la frecuencia de los mismos.

Muchos han sido los estudios que se han desarrollado en Cuba sobre la temporada invernal, entre ellos se destacan González (1999) y Pila (2009) quienes obtuvieron las cronologías de los frentes fríos y las bajas extratropicales que han afectado a Cuba respectivamente. Por otro lado, Justiz (2010) obtuvo una climatología sinóptica de los frentes fríos fuertes que han afectado al territorio cubano entre los años 1950 y 2008. Estos estudios han servido de base a otros estudios de variabilidad climática, tal es el caso de Espino-

sa (2018), quien a partir de la climatología sinóptica obtenida por Pila (2009) y actualizada hasta el 2015, determinó los patrones sinópticos asociados a las bajas extratropicales que afectan a Cuba según su zona evolutiva e identificó los elementos significativos de estos patrones.

Las investigaciones acerca de las características de los frentes fríos han sido numerosas, pero pocas han estudiado su variabilidad estacional. En el caso específico de Cuba se destaca la realizada por Justiz (2017), quien analiza el comportamiento troposférico de esos sistemas invernales, las características asociadas, así como los diferentes patrones circulatorios cuando ellos influyen en el archipiélago cubano, en particular a la región occidental durante los meses de diciembre, enero y febrero (los más activos en cuanto a frentes fríos).

Sin embargo, estos estudios de frentes fríos se han realizado para la población total de estos sistemas, sin tener en cuenta una estratificación según la clasificación que es utilizada en Cuba (tipo e intensidad); esto conduce a que el objetivo de la presente investigación consista en determinar los patrones sinópticos asociados a los frentes fríos, según tipos e intensidades, que afectaron a Cuba para los trimestres octubre - noviembre - diciembre y enero - febrero - marzo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio y de los datos empleados.

El entorno geográfico comprendido desde los 10° N a los 50° N y desde los 50° W a los 110° W como se muestra en la Figura 1 fue el seleccionado para el estudio. Esta área fue escogida por ser representativa en el estudio de los patrones circulatorios asociados a los sistemas meteorológicos invernales que afectan el archipiélago cubano y la interacción trópico - extratropical; además, esta coincide con la utilizada en otros estudios relacionados, por lo que así se facilita la comparación e integración con los resultados de los mismos.

Para obtener las bases de los datos iniciales para comenzar el estudio de los frentes fríos 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" de González (1999); así como cada una de las actualizaciones que aparecen publicadas en los Resúmenes de Temporada Invernal hasta el año 2015. Esta base de datos inicial ya había sido revisada y utilizada por Espinosa (2018) en su investigación, como esta investigación pretende darle continuidad a la misma, se tomó dicha base cronológica.

Se consideraron los datos meteorológicos de la base del National Center for Environment Prediction (NCEP) y del National Center for Re - Analysis (NCAR), obtenidas en el sitio web <http://www.cdc.noaa.gov> y almacenadas en el INSMET. En esta base de datos están disponibles la mayoría de las variables de interés desde el año 1948 hasta la actualidad. Dadas las características de estructura en la vertical y condiciones dinámicas de estos sistemas se seleccionaron las variables a utilizar encabezadas por la presión a nivel del mar (PNM), y la altura geopotencial de los niveles troposféricos (850, 700, 500 y 200 hPa) con el objetivo de caracterizar tridimensionalmente el ambiente de estos sistemas. Se analizaron el campo de viento en los niveles antes mencionados y algunas variables derivadas del mismo como la vorticidad en el nivel de 850 y 200 hPa y la divergencia en los niveles altos de la troposfera (200 hPa). Además, por el carácter térmico que tienen estos sistemas se analizó el campo de la temperatura en los niveles bajos (850 hPa).

Selección y procesamiento de la muestra.

La muestra seleccionada fue la confeccionada por Espinosa (2018), compuesta por los casos de frentes fríos que habían afectado a Cuba en los meses de octubre a marzo desde la temporada invernal 1950 - 1951 hasta la temporada 2014 - 2015, partiendo de las cronologías anteriormente mencionadas; para luego estratificarlos según su clasificación (tipos e intensidades) y agruparlos en dos trimestres independientes: octubre - noviembre - diciembre y enero - febrero - marzo.

El procesamiento estadístico de la muestra se realizó empleando el software Microsoft Excel, donde se determinaron los principales estadígrafos convencionales. Los trimestres fueron agrupados según la frecuencia de afectación de los frentes fríos para cada una de las clasificaciones (por tipos e intensidades); para ello se siguió el criterio de umbrales definidos por Espinosa (2018), de que a partir del valor medio de cada uno de ellos y de la desviación estándar, se van a clasificar como trimestres con comportamiento alto o activo, aquellos que superen el valor medio más la desviación estándar; y de comportamiento bajo o poco activo, los que no alcancen el valor medio menos la desviación estándar; el resto de los trimestres se consideran de comportamiento medio o normal.

A partir de la agrupación de los trimestres según el criterio estadístico explicado en el epígrafe anterior, y con ayuda del software GrADS se obtuvieron los patrones troposféricos medios de cada uno de ellos para las clasificaciones de los frentes fríos por tipo e intensidades. Para ello se determinó la media de la variable para cada uno de los trimestres individuales, los cuales fueron promediados para obtener la confi-

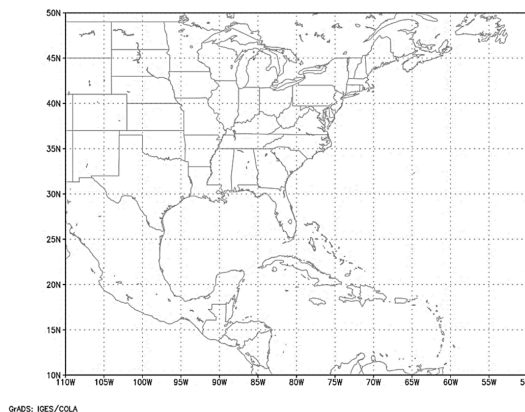


Figura 1. Área de estudio

guración media del grupo en cuestión. Este proceso fue análogo para cada una de las variables (PNM, altura geopotencial de los niveles 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa y 200 hPa, y campo térmico en el nivel de 850 hPa); con excepción del viento y sus campos derivados. Estos últimos al estar disponibles en la base de datos en forma de componentes zonal y meridional, fueron procesados como el resto de las variables, pero requirieron un proceso posterior para la obtención de dichos campos.

Para cada trimestre se pretenden encontrar diferencias significativas entre las condiciones para cada clasificación de los frentes fríos. Estas diferencias se valoraron por medio del parámetro estadístico Z. Este parte de la hipótesis de que 2 poblaciones tienen medias iguales, la cual se rechazará si $|Z| > 1,96$ con un nivel prefijado de significación del 5 %, lo que implica que las muestras pertenecieran a dos poblaciones diferentes. Este parámetro se obtuvo a través de la ecuación (1).

$$Z = \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_B)}{\sqrt{\frac{S_A^2}{N_A} + \frac{S_B^2}{N_B}}} \quad (1)$$

Donde, (\bar{X}) es la media, (S^2) es la varianza y (N) la cantidad de casos de cada una de las poblaciones que se requieren comparar. Su cálculo se realizó en cada punto de la rejilla de la variable que se está analizando, a partir del patrón medio y de cada uno de los trimestres que lo conforman.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis estadístico se obtiene la Tabla 1, en la que se aprecia que los frentes fríos clásicos, los reversos, los débiles y los moderados tienen la mayor cantidad de población en los trimestres de comportamiento normal, a diferencia de los frentes secundarios y los fuertes que tienen la mayor frecuencia en el rango de comportamiento bajo, siendo el indicador la ausencia de frentes de esa clasificación en ambos trimestres.

Del análisis de los mapas medios obtenidos se observa que los frentes fríos clásicos presentan un comportamiento que corresponde a los resultados obtenidos en investigaciones anteriores como es el caso de Justiz (2017), dada la mayor frecuencia dentro de la población total de frentes fríos; además de que poseen una relación con la formación y desarrollo de bajas extratropicales, lo que también hace coincidir algunos elementos significativos con los planteados en investigaciones anteriores: Pila y González (2017) y Espinosa (2018), que guardan relación con una mayor frecuencia de afectación a Cuba de bajas extratropicales.

En el trimestre enero - febrero - marzo (ver Figura 2) se observa en superficie una profundización de la vaguada frontal en los trimestres altos, extendiéndose hasta el este de la Florida; mientras que ocurre una mayor representación del Anticiclón Subtropical en los trimestres de comportamiento bajo, abarcando la isobara de 1019 hPa hasta aproximadamente el

este del estado de Nebraska. Esta situación provoca una zona de significación negativa entre trimestres bajos y normales en el cuadrante sudeste del área de estudio y el suroeste de México, con valores de presión mayores en los trimestres bajos en relación con los de comportamiento normal. Por otro lado, aparece entre trimestres altos y normales una zona de significación negativa sobre el Atlántico, el este de los Estados Unidos, las Antillas Mayores, el Caribe, el este del golfo de México, Centroamérica y sobre gran parte del territorio mexicano dado la inferioridad de los valores de presión en los trimestres altos con respecto a los normales.

En cuanto al campo de altura geopotencial, se observan en la Figura 3, similitudes entre los distintos niveles, de las zonas de significación negativa, representado en azul oscuro, con tendencia a disminuir con la altura, siendo los valores de geopotencial superiores en los trimestres bajos.

Tabla 1. Rangos característicos de los frentes fríos por clasificación para los trimestres octubre - diciembre (OND) y enero - marzo (EFM)

Clasificación de los Frentes Fríos	Trimestres	Clasificación de los trimestres					
		Comportamiento Bajo		Comportamiento Normal		Comportamiento Alto	
		Criterio	Población	Criterio	Población	Criterio	Población
Frentes Clásicos	OND	≤ 3	16	4 - 7	35	≥ 8	14
	EFM	≤ 6	12	7 - 11	44	≥ 12	9
Frentes Revesinos	OND	= 0	11	1 - 3	40	≥ 4	14
	EFM	= 0	19	1 - 2	33	≥ 3	13
Frentes Secundarios	OND	= 0	47	= 1	13	≥ 2	5
	EFM	= 0	44	= 1	13	≥ 2	8
Frentes Débiles	OND	≤ 2	18	3 - 6	33	≥ 7	14
	EFM	≤ 3	13	4 - 7	40	≥ 8	12
Frentes Moderados	OND	≤ 1	18	2 - 4	36	≥ 5	11
	EFM	≤ 2	13	3 - 6	38	≥ 7	14
Frentes Fuertes	OND	= 0	46	= 1	11	≥ 2	8
	EFM	= 0	33	= 1	18	≥ 2	14

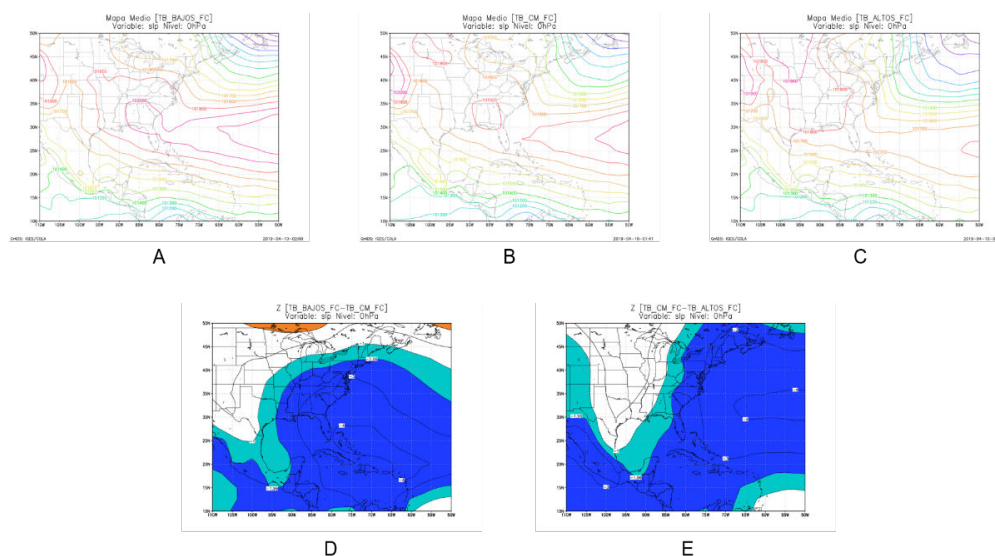


Figura 2. Configuraciones medias de presión a nivel medio del mar para los frentes clásico de los trimestres bajos (A), normales (B) y altos (C). Mapas de significación entre trimestres bajos y normales (D) y trimestres altos y normales (E)

El campo de viento en el nivel de 200 hPa, como se observa en la **Figura 4**, presenta el núcleo de máxima intensidad, localizándose más al sur en los trimestres altos. Por otro lado, en la **Figura 5** aparecen valores de divergencia negativa en el nivel de 200 hPa sobre el golfo de México en los trimestres bajos, mientras que la divergencia es positiva en trimestres altos, esta última concuerda con la **Figura 6**, donde aparecen valores

de menor vorticidad negativa en el nivel de 850 hPa para los trimestres altos, favorecidos por la formación de bajas extratropicales en esta región.

En el campo térmico en 850 hPa (**Figura 7**), los trimestres bajos muestran un comportamiento similar de la vaguada térmica a los trimestres normales, sin embargo, se observa una zona de significación negativa sobre el sudeste de Estados Unidos, con valores de

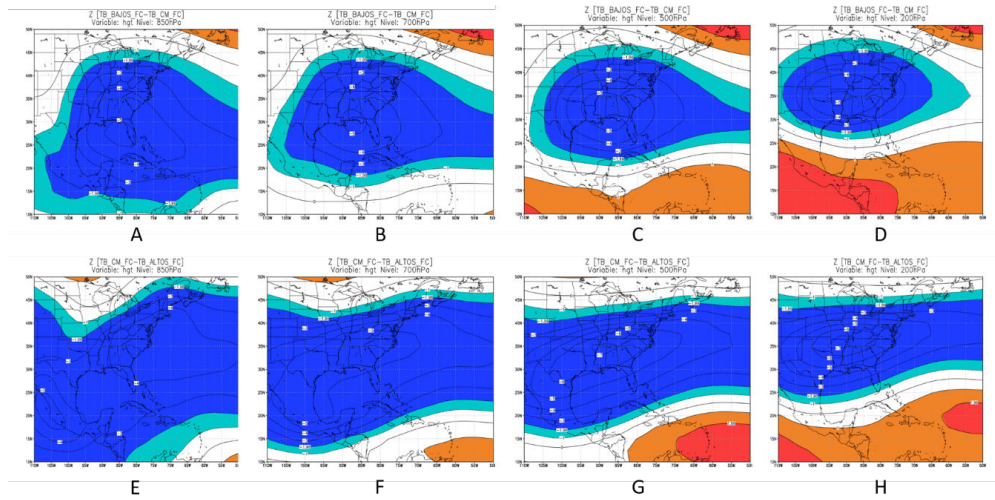


Figura 3. Mapas de significación del campo de altura geopotencial de los frentes clásicos entre trimestres normales y bajos para los 850 hPa (A), 700 hPa (B), 500 hPa (C) y 200 hPa (D); y entre trimestres altos y normales para los 850 hPa (E), 700 hPa (F), 500 hPa (G) y 200 hPa (H)

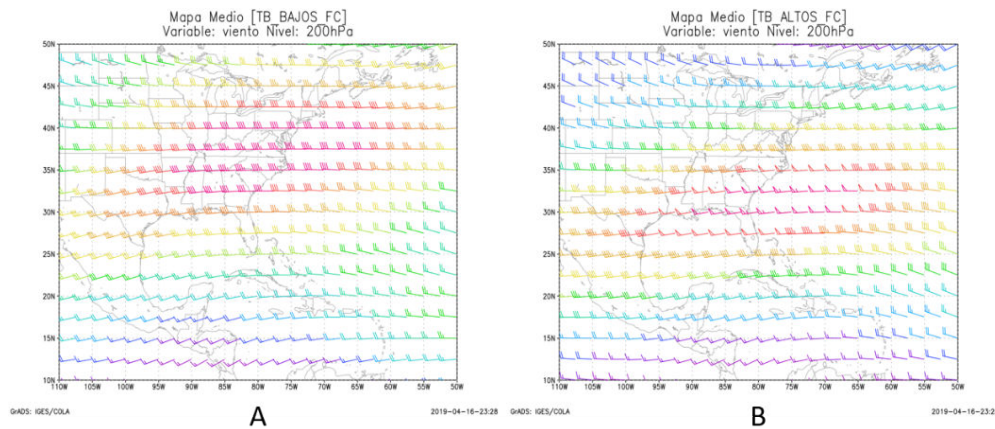


Figura 4. Configuraciones medias del campo de viento en 200 hPa de los frentes clásicos para los trimestres bajos (A) y altos (B)

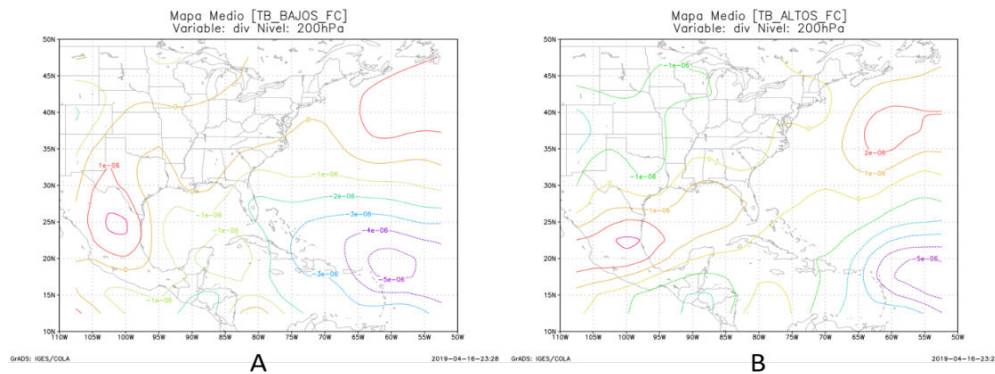


Figura 5. Configuraciones medias de la divergencia en 200 hPa de los frentes clásicos para los trimestres bajos (A) y altos (B)

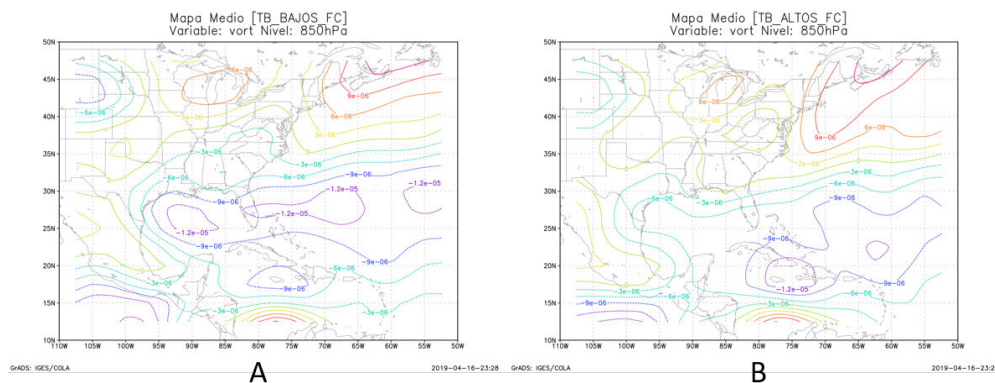


Figura 6. Configuraciones medias de la vorticidad en 850 hPa de los frentes clásicos para los trimestres bajos (A) y altos (B)

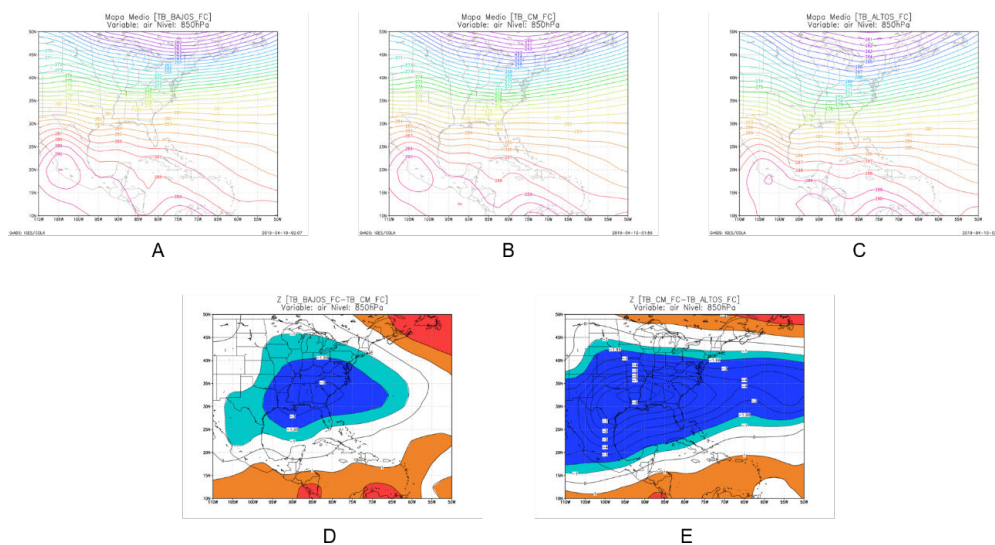


Figura 7. Configuraciones medias del campo de temperatura en 850 hPa para los frentes clásicos de los trimestres bajos (A), normales (B) y altos (C). Mapas de significación entre trimestres bajos y normales (D) y trimestres altos y normales (E)

temperaturas algo superiores en los trimestres bajos. Por otro lado, en los trimestres altos, la vaguada térmica se extiende hasta el sur de los Estados Unidos, donde la isoterma de 279 K alcanza los 31° N; las temperaturas en el golfo de México son más frías, lo que se muestra en el mapa de Z con significación negativa desde este a oeste del área de estudio entre los 22 y 40° N aproximadamente.

Los frentes reversinos muestran un comportamiento totalmente diferente a los frentes clásicos y a lo encontrado en estudios anteriores respecto a la población total de frentes fríos, pues el avance de los mismos responde a un mecanismo diferente que no depende de la formación de bajas extratropicales, sino de la influencia y estructura de las altas presiones continentales. A diferencia de las otras clasificaciones de frentes fríos, estos muestran un incremento de su frecuencia de afectación en el trimestre octubre - noviembre - diciembre, además de ser mayor su variabilidad. Las configuraciones medias en superficie (Figura 8) muestran una intensificación de las altas presiones continentales al sudeste de Estados Unidos en los trimestres de comportamiento alto, alcanzando los 1020 hPa, a

esta configuración responde la presencia de una zona de significación positiva sobre el este de Estados Unidos, donde la presión es superior en los trimestres altos.

En el campo de altura geopotencial en el trimestre octubre - noviembre - diciembre (Figura 9) aparecen zonas de significación positiva, con valores de geopotencial superiores en los trimestres altos, la extensión de estas zonas se relaciona en los distintos niveles, apenas observándose en los niveles de 500 y 200 hPa.

Por otro lado, en el trimestre enero -febrero -marzo (Figura 10) no se observan diferencias significativas en el campo de altura geopotencial entre trimestres altos y normales, mientras que entre los trimestres bajos y normales las áreas de significación disminuyen con la altura; lo que se explica con una menor frecuencia de estos frentes en ese trimestre y que el aporte de la componente dinámica en los niveles altos no es determinante.

De manera opuesta a los frentes clásicos, los reversinos presentan en el nivel de 200 hPa en la Figura 11 un núcleo de viento máximo más intenso y más extendido al sur en los trimestres de comportamiento

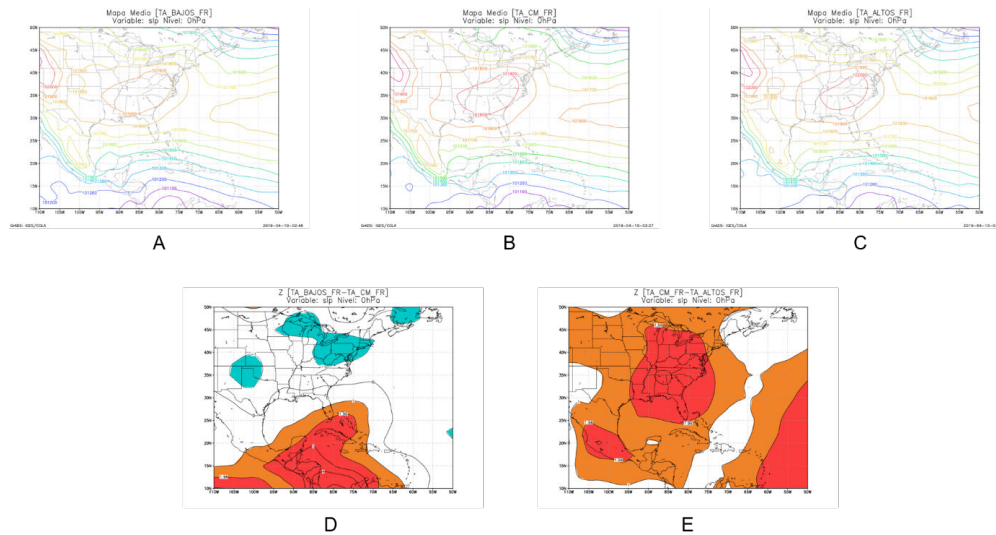


Figura 8. Configuraciones medias de presión a nivel medio del mar para los frentes reversos de los trimestres bajos (A), normales (B) y altos (C). Mapas de significación entre trimestres bajos y normales (D) y trimestres altos y normales (E)

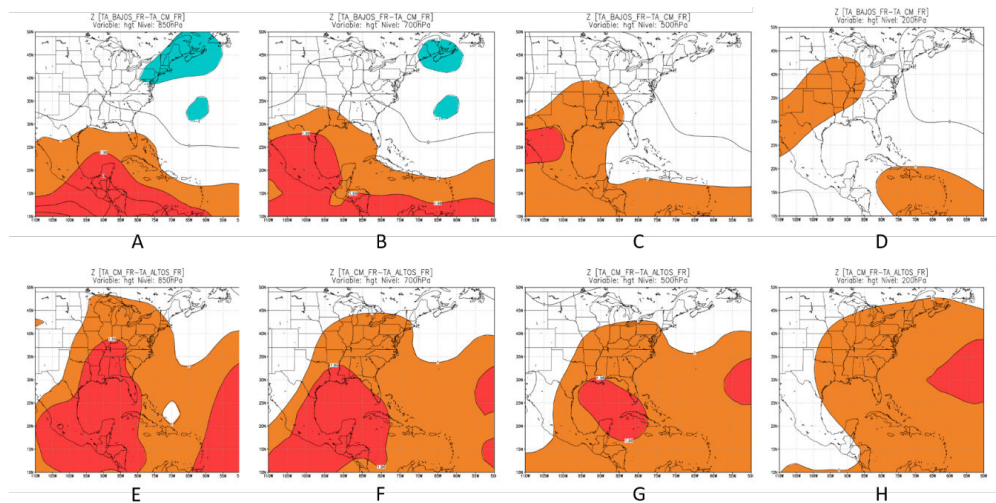


Figura 9. Mapas de significación del campo de altura geopotencial de los frentes reversos entre trimestres normales y bajos para los 850 hPa (A), 700 hPa (B), 500 hPa (C) y 200 hPa (D); y entre trimestres altos y normales para los 850 hPa (E), 700 hPa (F), 500 hPa (G) y 200 hPa (H)

bajo, provocando velocidades superiores al norte del golfo de México, lo que corrobora lo planteado anteriormente de que el papel de la componente dinámica de la corriente en chorro, es menor en este tipo de sistemas. La divergencia en 200 hPa (Figura 12) en el golfo de México es negativa, siendo aún más baja en los trimestres altos, por la presencia de anticiclones migratorios mejor estructurados en la vertical hasta los niveles altos.

Los frentes fríos secundarios presentan la mayor cantidad de temporadas en los trimestres de comportamiento bajo, donde el criterio de clasificación es la no existencia de los mismos, esto provoca mayores diferencias significativas entre los trimestres bajos comparados con los normales en el trimestre octubre - noviembre - diciembre, así como la no existencia de significación entre trimestres normales y altos en el trimestre enero - febrero - marzo. Estos por su origen

y estructura presentan un comportamiento en los campos analizados similar a los frentes clásicos, aunque con algunas diferencias.

Al analizar los frentes fríos por las intensidades se evidencia una tendencia de la similitud hacia los frentes clásicos, ya que dentro de toda la población estos son los más frecuentes. En esta clasificación los frentes fuertes son de los menos comunes y también presentan una baja desviación estándar. La mayor cantidad de trimestres son agrupados en los de comportamiento bajo, donde el criterio de clasificación corresponde a la ausencia de estos sistemas. Esto produce que la diferencia entre los trimestres con un comportamiento bajo y normal sea más evidente que entre los de comportamiento normal y los altos. Por ejemplo, en el caso del trimestre enero - febrero - marzo se observa en el campo de altura geopotencial (Figura 13), la presencia de significación negativa en casi toda la

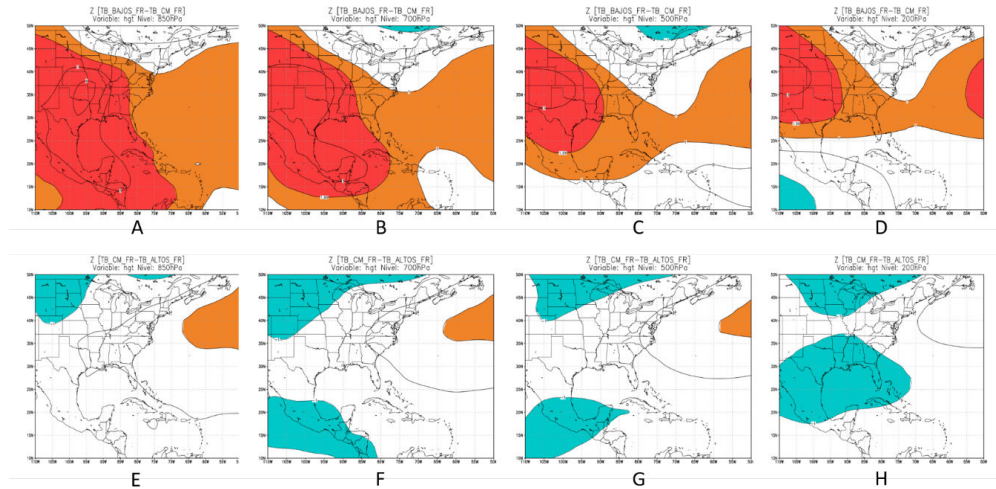


Figura 10. Mapas de significación del campo de altura geopotencial de los frentes reversos entre trimestres normales y bajos para los 850 hPa (A), 700 hPa (B), 500 hPa (C) y 200 hPa (D); y entre trimestres altos y normales para los 850 hPa (E), 700 hPa (F), 500 hPa (G) y 200 hPa (H)

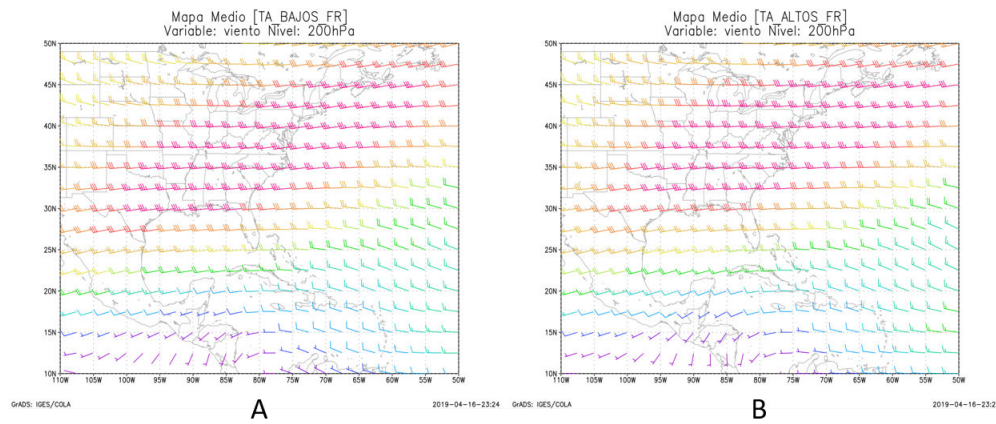


Figura 11. Configuraciones medias del campo de viento en 200 hPa de los frentes reversos para los trimestres bajos (A) y altos (B)

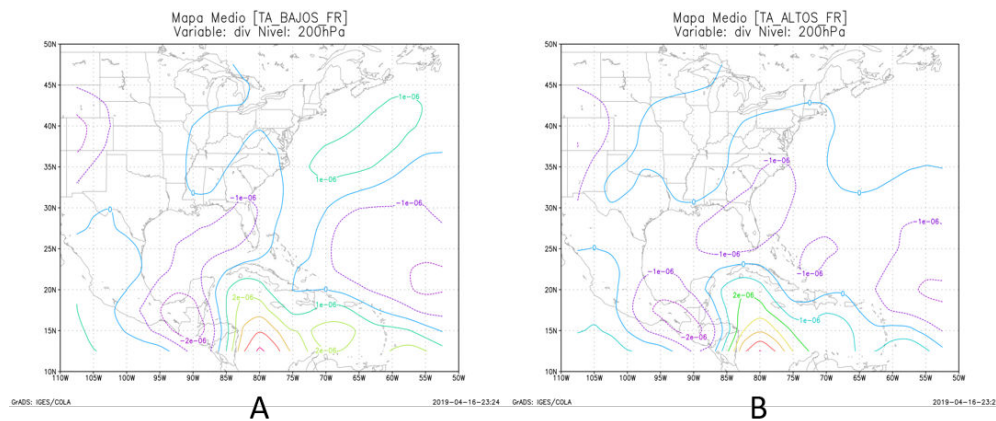


Figura 12. Configuraciones medias de la divergencia en 200 hPa de los frentes reversos para los trimestres bajos (A) y altos (B)

región de estudio entre trimestres bajos y normales, prácticamente ausente cuando se analiza la diferencia con los altos.

Los frentes débiles muestran condiciones muy similares a los frentes clásicos, principalmente en el mapa de presión a nivel del mar, dado a que dentro de es-

ta clasificación los frentes clásicos son los de mayor frecuencia. Aunque durante el trimestre octubre - noviembre - diciembre apenas hay diferencias entre los trimestres de poca frecuencia y los de comportamiento normal. El análisis del campo de altura geopotencial demostró que las zonas de diferencia significativa se

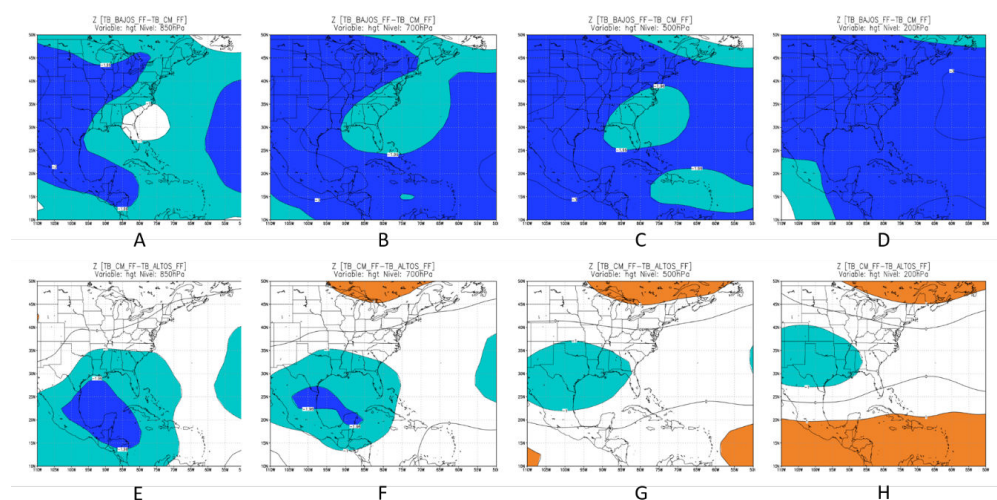


Figura 13. Mapas de significación del campo de altura geopotencial de los frentes fuertes entre trimestres normales y bajos para los 850 hPa (A), 700 hPa (B), 500 hPa (C) y 200 hPa (D); y entre trimestres altos y normales para los 850 hPa (E), 700 hPa (F), 500 hPa (G) y 200 hPa (H)

comportan similares entre los distintos niveles, con una tendencia a disminuir estas zonas con la altura.

Los frentes fríos moderados al ser menos frecuentes que los débiles, en el trimestre octubre - noviembre - diciembre apenas se observan algunas zonas de significación; mientras que en el trimestre enero - febrero - marzo aparecen grandes diferencias significativas, sobre todo entre los trimestres bajos y normales. De igual manera siguen el comportamiento similar a los frentes clásicos.

CONCLUSIONES

1. El análisis de los elementos significativos en las configuraciones medias de los frentes fríos, por tipos e intensidades arrojó a que:
 - a. Los frentes clásicos responden a los resultados obtenidos en investigaciones anteriores de los mismos por su naturaleza, además estas características guardan estrecha relación con las halladas en estudios similares respecto a las bajas extratropicales. Estos son:
 - Posición y extensión de la vaguada frontal.
 - Representación del Anticiclón Subtropical, los anticiclones continentales; así como los centros de alto valor de geopotencial y sus dorsales correspondientes.
 - Posición y extensión de los núcleos de viento máximo (alcanzando la velocidad máxima de 52 m/s) y las zonas de divergencia y vorticalidad negativas y positivas.
 - Posición de la vaguada térmica y comportamiento de las temperaturas en el nivel de 850 hPa sobre Cuba y los mares adyacentes
 - b. Los frentes fríos reversinos se comportan totalmente diferente a los frentes clásicos, dado a

que la estructura y el avance de los mismos sobre el territorio cubano corresponden a mecanismos diferentes. Por ello los elementos encontrados (presión a nivel del mar, campo altura geopotencial y campo de viento en niveles bajos, medios y altos) apuntan a que son favorecidos por una mejor estructura del centro anticiclónico migratorio.

- c. Los frentes secundarios y los fuertes al tener mayor frecuencia de los trimestres bajos, donde el criterio es la ausencia de estos sistemas, provoca que existan mayores diferencias significativas entre los trimestres bajos y los de comportamiento normal.
 - d. Los frentes débiles se manifiestan muy similares a los frentes clásicos, pues dentro de los débiles, los frentes clásicos presentan mayor frecuencia de afectación que el resto de las clasificaciones por tipos.
 - e. Los frentes moderados presentan una frecuencia entre los frentes débiles y los fuertes, que manifiestan mayores diferencias entre los trimestres bajos y medios. .
2. Los frentes fríos con mayor frecuencia resultaron ser los frentes clásicos y los frentes débiles, por tipos e intensidades respectivamente, y los menos frecuentes fueron los frentes secundarios y los fuertes. Esta frecuencia de afectación al igual que la desviación estándar influyen considerablemente en el comportamiento estacional de los mismos.

REFERENCIAS

- Berry, G. (2011). A global climatology of atmospheric fronts. *Geophysical Research Letters* Vol. 38.
- DiMego, G., Bosart, L., y Endersen, W. (1976). An Axamination of the Frequency and Mean

- Conditions Surrounding Frontal Incursions into the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. *Monthly Weather Review* Vol. 104, 709-718.
- Espinosa, D. (2018). Comportamiento y variabilidad de los sistemas invernales que afectan a Cuba. Trabajo de Diploma. La Habana, Cuba.
- Ferry, N. (2010). Previsión meteorológica estacional: Los servicios de Monitorización del Océano de GMES ayudan a mejorar los servicios meteorológicos. *Historias de éxito*, 57-61.
- González, C. (1999). Climatología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1916-1917 hasta 1996-1997. *Revista Cubana de Meteorología* Vol. 6 No. 1, 15-19.
- Hardy, J., y Henderson, K. (2003). Cold Front Variability in the Southern United States and the Influence of Atmospheric Teleconnection Patterns. *Physical Geography* Vol. 24, 120-137.
- Henry, W. (1979). Some Aspects of the Fate of Cold Fronts in the Gulf of Mexico. *Monthly Weather Review* Vol. 107, 1078-1082.
- Justiz, A. (2010). Circulación troposférica asociada a los Frentes Fríos Fuertes que han afectado a Cuba en el período 1950-2008. Trabajo de Diploma. La Habana, Cuba.
- Justiz, A. (2017). Patrones circulatorios significativos asociados a los sistemas frontales que afectaron a Cuba en el trimestre diciembre - febrero. Tesis en opción al Grado Académico de Máster en Ciencias Meteorológicas. La Habana, Cuba.
- Morgan, G., Brunkow, D., y Beebe, R. (1975). *Climatology of Surface Fronts*. Illinois State Water Survey Urbana.
- Pila, E. (2009). Climatología Sinóptica de las Bajas Extratropicales que influyen sobre el archipiélago cubano. Trabajo de Diploma. La Habana, Cuba.
- Pila, E., y González, C. (2017). Patrones troposféricos asociados con la afectación de bajas extratropicales en Cuba. *IX Congreso Internacional de Meteorología*. La Habana.
- Rodríguez, R., González, C., y Quiñones, J. (1984). Cronología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde la temporada invernal 1916-1917 hasta la temporada de 1982-1983 (67 temporadas). *Reporte de investigación No. 9, INSMET, La Habana*, 16pp.
- Schumann, T., y Van Roy, P. (1951). Frequency of fronts in the Northern Hemisphere. *Arch. Meteor. Geophys. Bioklim*, A4, 87-97.

Laura Marrero Malvarez. Instituto de Meteorología de Cuba. Centro de Meteorología Marina. Loma de Casablanca, Carretera del Asilo s/n, Municipio Regla, la Habana

Elier Pila Fariñas. Instituto de Meteorología de Cuba. Centro Nacional de Pronóstico. Loma de Casablanca, Carretera del Asilo s/n, Municipio Regla, la Habana. E-mail: elier.pila@insmet.cu

Conflicto de Intereses: Declaramos no tener ningún conflicto de interés.

Contribución de Autoría: Análisis formal: Laura Marrero y Elier Pila. **Conceptualización:** Laura Marrero.

Conservación de datos: Elier Pila. **Redacción - primera redacción:** Laura Marrero. **Redacción - revisión y edición:** Laura Marrero y Elier Pila. **Investigación:** Laura Marrero. **Metodología:** Laura Marrero y Elier Pila

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)