



Revista Cubana de Meteorología

ISSN: 2664-0880

Instituto de Meteorología

Lecha Estela, Luis B.; Soler Torres, Edgardo; Sánchez
Suárez, Luis M.; Verdecia Naranjo, Yuslandis
La Climatología Sinóptica en Cuba. Parte 2: El Catálogo de los tipos de situaciones 1970-2022
Revista Cubana de Meteorología, vol. 30, núm. 1, e10, 2024, Enero-Marzo
Instituto de Meteorología

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=701977979010>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

La Climatología Sinóptica en Cuba. Parte 2: El Catálogo de los tipos de situaciones 1970-2022

Synoptic climatology of Cuba. Part 2: The Catalog of types of situations 1970-2022



<https://cu-id.com/2377/v30n1e10>

 Luis B. Lecha Estela*,  Edgardo Soler Torres,
 Luis M. Sánchez Suárez,  Yuslandis Verdecia Naranjo

Centro Meteorológico de la Isla de la Juventud, INSMET

RESUMEN: Se realiza una actualización de la clasificación de los tipos de situaciones sinópticas que influyen sobre Cuba, considerando ahora las características de su influencia diaria sobre las mitades occidental y oriental del país, durante un largo periodo de 53 años (1970 a 2022). Se presenta la descripción de las características de los tipos y subtipos de procesos sinópticos influyentes, la estructura que los identifica en los mapas sinópticos de superficie y en el nivel de los 850 hPa, así como, los principios básicos a tener en cuenta durante el proceso de clasificación subjetiva. Se incluyen como elementos novedosos: un método de validación de la clasificación para detectar posible errores o incompatibilidades en la dinámica espacio-temporal de los procesos sinópticos que afectan a ambas regiones del país, y nuevos criterios y recomendaciones para garantizar la homogeneidad y actualización futura de la base datos que contiene el Catálogo, formada por 19,358 casos diarios para las mitades occidental y oriental de Cuba. El objetivo del Catálogo es contribuir a la divulgación general de nuevos conocimientos, actualizados y estandarizados, sobre los tipos de situaciones sinópticas que influyen sobre el país, tanto dentro de las áreas especializadas del Instituto de Meteorología, como en las actividades docentes y en otras instituciones vinculadas con la Meteorología.

Palabras claves: Circulación atmosférica, Clasificación de situaciones sinópticas, Clima de Cuba, Climatología sinóptica, Procesos sinópticos.

ABSTRACT: An update of the classification of the types of synoptic situations that influence Cuba is carried out, now considering the characteristics of its daily influence on the western and eastern halves of the country, over a long period of 53 years (1970 to 2022). The description of the characteristics of the types and subtypes of influential synoptic processes is presented, the structure that identifies them in the surface synoptic maps and at the 850 hPa level, as well as the basic principles to take into account during the subjective classification process. As novel elements are included: a validation method to detect possible errors or incompatibilities during the classification, taking into account the space-time dynamics of the synoptic processes that affect both regions of the country. Also, new criteria and recommendations were added, in order to guarantee the homogeneity and future updates of the Catalog database that actually contains 19,358 daily cases for the western and eastern halves of Cuba. The objective of the Catalog is to contribute to the general dissemination of new, updated and standardized knowledge, on the types of synoptic situations that influence the country, both within the specialized areas of the Institute of Meteorology, as well as in teaching activities and in other institutions linked to Meteorology.

Key words: Atmospheric circulation, Classification of synoptic situations, Climate of Cuba, Synoptic climatology, Synoptic processes.

*Autor para correspondencia: Luis B. Lecha Estela. E-mail: luis.lecha@gmail.com

Recibido: 12/11/2023

Aceptado: 14/01/2024

Luis B. Lecha Estela. Centro Meteorológico de la Isla de la Juventud, INSMET. Teléfono: 42216624. E-mail: luis.lecha@gmail.com

Edgardo Soler Torres. Centro Meteorológico de la Isla de la Juventud, INSMET. Teléfono: 46324121. E-mail: edgardsoler2@gmail.com

Luis M. Sánchez Suárez. Centro Meteorológico de la Isla de la Juventud, INSMET. Teléfono: 46324121. E-mail: luis.sanchez0868111@gmail.com

Yuslandis Verdecia Naranjo. Centro Meteorológico de la Isla de la Juventud, INSMET. Teléfono: 46324121. E-mail: yuslandis.verdecia@ijv.insmet.cu

Conflicto de intereses: Los autores del artículo científico, declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores: Conceptualización, metodología, investigación, redacción, revisión y corrección del artículo: Luis B. Lecha Estela y Edgardo Soler Torres. Conservación de datos, investigación, revisión del texto: Luis Sánchez Suárez. Conservación de datos, investigación, elaboración y visualización del álbum de mapas sinópticos, revisión del texto: Yuslandis Verdecia Naranjo.

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/)

INTRODUCCIÓN

En la primera década del pasado siglo XX se establece en Cuba el intercambio de datos de las estaciones cubanas -preludio de la red meteorológica actual- con las del continente norteamericano; se organizan los corresponsales voluntarios y se adquiere instrumental de medición bajo créditos gubernamentales, quedando conformado un sistema de adquisición, almacenamiento, procesamiento y difusión de la información meteorológica (Ortiz, 1987).

El análisis diario de mapas del tiempo, incluyendo observaciones de las estaciones del continente norteamericano, se introduce en 1916 por recomendación del ingeniero José Carlos Millás, quien sería nombrado director del Observatorio Nacional en 1921 (Ramos, 2005). El trazado y la configuración de las líneas isobaras en los mapas del tiempo permitió identificar tempranamente las posiciones de los sistemas de altas y bajas presiones, las características de las masas de aire, ciclones, anticiclones, vaguadas y demás sistemas meteorológicos que están presentes en una zona geográfica determinada, en un momento dado.

Un proceso de clasificación es la agrupación de entidades, es decir, de objetos y fenómenos en un cierto número de grupos (clases, tipos, conjuntos) sobre la base de sus propiedades, y las entidades de un grupo, que muestran algunas características similares, mientras que existen diferencias entre los grupos. La medida de similitud/desigualdad entre los elementos de un conjunto o subconjunto representa las relaciones cualitativas y cuantitativas entre ellos. Esto significa que la clasificación no es un proceso mecánico. Las relaciones entre los miembros de una clase se organizan sistemáticamente y de ellas podemos obtener nuevos conocimientos y vínculos causales (Stanolevic, 2010).

Existen diferentes formas y enfoques para clasificar los patrones de circulación atmosférica. Dos pasos sucesivos en el procedimiento de clasificación son: la definición de tipos y la asignación de casos a los tipos. Esos procesos pueden estar guiados por el conocimiento de expertos o por modelos matemáticos y estadísticos. Existen tres grupos principales de clasificación: clasificación subjetiva, objetiva y mixta de la circulación atmosférica. Los tipos de circulación se definen antes de la etapa de asignación o los tipos se derivan y evolucionan durante el propio proceso de clasificación (Huth et al., 2008).

La clasificación manual subjetiva de los patrones de circulación atmosférica ha sido durante mucho tiempo un pilar metodológico de la climatología sinóptica. La tipificación manual no se replica fácilmente y requiere un esfuerzo intenso en el trabajo del investigador, pero al mismo tiempo, el método permite al analista informado una mayor comprensión de las sutilezas climáticas que de otro modo podrían no ser identificadas (Yarnal et al., 2001).

La identificación de las situaciones sinópticas diarias de manera subjetiva tiene ventajas y desventajas. Como ventajas principales se pueden mencionar: la rápida identificación del patrón sinóptico influyente, el conocimiento de la dinámica espacio-temporal de los principales sistemas atmosféricos que afectan una región determinada y la rápida asociación de los tipos y subtipos con el medio ambiente atmosférico en superficie por parte del personal no especializado en el análisis de mapas del tiempo.

Como desventajas se deben considerar: el nivel de incertidumbre existente ante determinadas situaciones complejas del tiempo, que admiten más de una clasificación subjetiva. También, la escasa disponibilidad de elementos objetivos en los mapas, lleva a que diversas personas (aún bien entrenadas) pueden clasificar como tipos o subtipos diferentes una misma situación sinóptica.

Frakes y Yarnal (1997), señalan como los inconvenientes principales de la técnica de clasificación manual: ser altamente subjetiva (lo que impide su reproducción) y requerir de una gran laboriosidad. Sin embargo, Hoy et al. (2011) destaca entre sus ventajas la disponibilidad de series largas de datos, por lo tanto, las conclusiones son más sólidas; así como, mejor generalización de los procesos dinámicos y posibilidad de ajuste de los datos faltantes por el ojo humano.

Las clasificaciones subjetivas generalmente consisten en largos conjuntos de datos, algunos de los cuales abarcan más de 100 años; en consecuencia, representan una importante fuente de datos para estudiar la variabilidad y el cambio climático en el siglo XX y principios del XXI. En la literatura se pueden encontrar diversas clasificaciones subjetivas definidas a diferentes escalas, desde la local, hasta la hemisférica o global. Sin embargo, lo que da realmente valor climatológico a una clasificación de los procesos sinópticos, después de establecer y conciliar claramente los criterios y formas de clasificación, es su uso estable, generalizado y sin grandes cambios metodológicos durante el mayor tiempo posible.

La clasificación de los TSS constituye una necesidad para poder realizar la climatología de los procesos atmosféricos que influyen sobre una región o país. La forma más simple para clasificar los TSS es mediante la agrupación de patrones isobáricos similares que aparecen en los mapas del tiempo, conformando grupos con los mapas donde predominan situaciones sinópticas con estructuras y distribuciones semejantes.

A comienzos de los años 80 del siglo XX se generan diversos estudios, tesis de doctorado y publicaciones, que tratan de establecer los fundamentos de los pronósticos de fenómenos meteorológicos peligrosos como los huracanes (Meulenert, 1982), los vínculos de causa vs efecto entre los procesos sinópticos y elementos principales del clima cubano como las precipitaciones (Trusov et al., 1983); los procesos formadores del clima de la región central de Cuba (Lecha, 1984);

su relación con el régimen térmico (Fernández, 1987); las características estacionales de la circulación atmosférica sobre Cuba (Lecha y Llanes, 1988); la influencia anticiclónica continental sobre Cuba y los tipos de circulación asociados en superficie (Lecha et al., 1990); así como, las características de la circulación atmosférica invernal influyentes sobre los estados del tiempo diarios (Sardiñas et al., 1990).

A finales de los años 80, Lapinel (1988) presenta una clasificación subjetiva de los tipos de situaciones sinópticas que tienen una relación definida con la ocurrencia o no de precipitaciones en el territorio nacional; mientras que Rubiera (1991), realiza estudios sobre la climatología de los procesos sinópticos predominantes en la troposfera media, en función del pronóstico de las precipitaciones.

Casi en paralelo, se realizaron estudios y cronologías de varios tipos de situaciones sinópticas: de los sistemas frontales (Rodríguez et al., 1984; González, 1999); de los “Sures” que habían afectado a la mitad occidental de Cuba hasta el año 1984 (Rodríguez y Ballester, 1987a); la climatología de las tormentas locales severas en Cuba (Alfonso, 1994; Aguilar et al., 2005); y muy especialmente, la cronología de los huracanes que afectaron a Cuba en los 200 años comprendidos entre 1785 y 1984 (Rodríguez y Ballester, 1987b; Pérez et al., 2001; Pérez, 2006 y Roura et al., 2018).

Durante los años 90, se obtienen importantes resultados relacionados con la descripción del vínculo entre los procesos sinópticos, las precipitaciones y las temperaturas extremas diarias (Fernández, 1992a; 1992b); con el conocimiento climatológico de los análogos de procesos sinópticos y su relación con las variables a pronosticar, logrando exitosos modelos de pronósticos físico-estadísticos a corto y mediano plazos (Fernández et al., 1998; Fernández y Pazos, 1998). Estos resultados fueron el preámbulo del Catálogo de los Procesos Sinópticos Objetivos (PSO) del Archipiélago Cubano (Fernández y Díaz, 2005); trabajo donde se identifica el vínculo entre los patrones sinópticos de comienzos del período lluvioso y la variabilidad climática en la segunda mitad del siglo XX (Fernández et al., 2005).

Desde los años iniciales del siglo XXI, la clasificación de los TSS de Lapinel se puede considerar el elemento de referencia principal para evaluar las características y la dinámica estacional de los procesos sinópticos influyentes sobre Cuba. Al respecto, se pueden mencionar numerosas referencias de aplicación en años recientes: Carrasco et al. (2011) la utilizan para estudiar el potencial energético del viento en el país; mientras que, Perdigón et al. (2012) definen 14 condiciones sinópticas favorables para el aprovechamiento de la energía eólica.

Por su parte, Soler et al. (2017) realizan la cronología de los huracanes que afectaron a la Isla de la Juventud entre 1791 y 2015. Posteriormente, demuestran

la existencia de relaciones estadísticas entre algunos tipos específicos de situaciones sinópticas y la rapidez media diaria del viento en la estación meteorológica de La Fe (Soler et al., 2021); establecen las características de la rapidez media del viento en estaciones meteorológicas seleccionadas de la costa norte de Cuba para el período 1978-2017 (Soler et al., 2022a); hasta elaborar un método de pronóstico sinóptico-estadístico subestacional, a partir de las probabilidades predominantes de ocurrencia de la rapidez media del viento en esa zona promisoría para el aprovechamiento del recurso eólico en el país (Soler et al., 2022b).

Recientemente, Patiño et al. (2023) estudiaron el Error Medio Absoluto del pronóstico a corto plazo de la rapidez del viento para el parque eólico Gibara I, teniendo en cuenta los TSS influyentes.

Otros enfoques metodológicos sobre este tema se han aplicado en el país, utilizando índices o patrones de la circulación atmosférica no relacionados con la clasificación de Lapinel. Algunos de estos resultados son: el estudio de las anomalías de las lluvias en Cuba (Fonseca, 2009); el índice de circulación de Katz para analizar la variabilidad climática de la región oriental de Cuba (Aroche et al., 2012); la valoración del efecto de los gradientes de presión en superficie sobre el campo de vientos durante el período lluvioso, en algunas provincias centro-orientales del país (Benedico et al., 2012); y el análisis de las características de la circulación atmosférica en los días con eventos notables de sequía en el occidente de Cuba (Durán, 2017).

También, se encuentran estudios sobre fenómenos meteorológicos peligrosos como: los sistemas frontales fuertes (Justiz y González, 2013) y las precipitaciones intensas (Peña et al., 2013), así como, el análisis de los frentes fríos en el occidente de Cuba (Justiz y González, 2018) y las características de los tipos y subtipos de las bajas extratropicales (González y Pila, 2017), en los cuales se aplican criterios de clasificación basados en otros patrones sinópticos específicos, asociados a los casos en que ocurrieron esos fenómenos meteorológicos peligrosos. Estos nuevos enfoques plantean diferencias a tener en cuenta al identificar, clasificar e interpretar algunos tipos complejos de situaciones sinópticas, con respecto a la clasificación de Lapinel.

Sin embargo, nombrar de manera diferente a determinados tipos o subtipos de situaciones sinópticas ya identificados previamente, o modificar sin la adecuada crítica científica una clasificación de referencia nacional con serie larga, puede provocar rupturas de la homogeneidad de las series de datos, generar subregistros temporales apócrifos de los procesos bajo análisis, lo cual puede afectar la representatividad climatológica de los resultados ya existentes o crear confusiones durante su uso operativo.

Por tanto, el presente artículo pretende ofrecer los elementos de juicio y datos necesarios para garantizar el empleo actual y futuro del “Catálogo de los TSS

que influyen sobre las mitades occidental y oriental de Cuba”, con información diaria del periodo 1970-2022, representativa, homogénea y verificada, que actualiza la clasificación original de Lapinel, creando las bases para su uso generalizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cuba es un archipiélago que tiene forma alargada y estrecha orientada de oeste a este. En su territorio se ubican cuatro importantes grupos montañosos y el estado del tiempo resulta modificado por factores de la mesoescala y locales. Por esas razones, un mismo tipo de situación sinóptica puede dar lugar a complejos mosaicos de estados del tiempo diarios a lo largo del país, los cuales no se ajustan a la actual clasificación geográfica del territorio cubano en tres regiones: occidental, central y oriental; sino que producen asociaciones mucho más complejas con los distintos paisajes geográficos existentes.

La posición geográfica de Cuba la ubica muy cerca del Trópico de Cáncer, que es la frontera climatológica meridional entre los procesos tropicales y extratropicales del hemisferio Norte, pero la forma alargada y estrecha del territorio determina que en la parte occidental son más frecuentes los impactos de los procesos extratropicales; mientras que, en la parte oriental son más frecuentes los impactos de los procesos tropicales. Por tanto, en casi el 40 % de los días del año, no coincide la misma situación sinóptica afectando a las dos mitades del país (Soler et al., 2020), siendo recomendable separar en dos partes la actual clasificación diaria de los TSS propuesta por Lapinel (1988): la mitad occidental, extendida desde la provincia de Pinar del Río hasta la provincia de Sancti Spíritus, incluyendo a la Isla de la Juventud, y la mitad oriental desde Ciego de Ávila hasta Guantánamo.

A pesar de todos los resultados obtenidos con esta clasificación, faltaba conectar la influencia más general de los procesos globales o hemisféricos de la circulación general de la atmósfera con su posible influencia sobre los procesos sinópticos regionales y la relación entre estos y el comportamiento del estado del tiempo en la escala local o de impacto.

Fue necesario realizar una actualización y revisión integral de la clasificación de Lapinel, para definir nuevos criterios estandarizados y homogéneos que respetaran los contenidos originales, pero especificando con detalles los criterios de clasificación, los cambios o adiciones que han sido agregados en cada tipo o subtipo, y asegurar así la continuidad y correcta actualización futura de la misma base de datos, a través de un largo período de tiempo cronológico.

La clasificación utiliza una ventana geográfica que abarca el hemisferio occidental, desde los 0° hasta los 180° de longitud oeste y desde el Ecuador hasta el polo Norte. En su versión actual, la clasificación se organiza taxonómicamente en cuatro grupos básicos,

ocho tipos y 19 subtipos (Lecha et al., 2020). Los grupos están dados por los procesos sinópticos principales: anticiclónicos, frontales, ciclónicos y débiles gradientes de presión. Los tipos están ordenados y se identifican por números romanos (I, II, hasta el IX), mientras que los subtipos están numerados del 1 al 20.

Los grupos están dados por la agrupación de los procesos sinópticos principales y constituyen el nivel taxonómico superior de la clasificación, quedando definidos de la manera siguiente:

Los procesos anticiclónicos, que incluyen los días con influencia del anticiclón oceánico (AO), el paso de las ondas tropicales en el flujo del este y los días con influencia de anticiclones continentales (AC).

Los procesos ciclónicos, que están compuestos por los días con influencia de todos los tipos de ciclones, tropicales (CT) y extratropicales (CE).

Los procesos frontales, que incluyen a los cuatro subtipos de sistemas frontales (SF), así como la influencia de las zonas de cizalladura y hondonadas en el flujo del oeste.

Las situaciones de débil gradiente (DG), quedan integradas por los días con ausencia de sistemas sinópticos significativos y presencia de débiles gradientes de presión en superficie, compuesto solamente por el tipo III, subtipo 5.

Las situaciones indeterminadas (SI): son aquellos casos que no pueden ser clasificados dentro de ninguno de los grupos anteriores.

Los tipos y subtipos se identifican mediante los elementos descriptivos básicos referidos en la metodología de la clasificación original que fueron descritos por Lapinel (1988), actualizados con mapas de superficie y 850 hPa de la serie 1970-2022, que permiten precisar detalles específicos en las descripciones para cada subtipo, como se expresa a continuación:

Tipo I: Está referido a la cercana influencia del anticiclón del Atlántico o de las Azores-Bermudas, el cual constituye el principal centro de acción en nuestra área, y es sin dudas, el sistema sinóptico que con mayor frecuencia influye sobre Cuba. Se considera a este tipo, cuando el anticiclón penetra en forma de cuña sobre toda Cuba, llegando a cubrir el golfo de México y el sudeste de los Estados Unidos, o bien afecta marcadamente, hasta la mitad oriental del país.

De acuerdo a la posición de la cuña anticiclónica respecto a nuestro archipiélago, el viento predominante asociado a este sistema, puede ser del primero o del segundo cuadrante, definiendo entonces los subtipos 1 y 2, respectivamente. Para representar el patrón isobárico del subtipo 1 se escogieron los mapas del 8 de julio de 2008 que muestran, tanto en superficie como en el nivel de 850 hPa, una dorsal anticiclónica bien estructurada, con centro localizado en el Atlánti-

co cercano y eje orientado hacia el oeste sobre el norte de La Florida y el sudeste de los Estados Unidos. Sobre Cuba las isobaras se extienden desde el este determinando el flujo predominante del primer cuadrante (Fig. 1).

En el caso del subtipo 2, su patrón isobárico corresponde a la situación del 21 de julio de 2005 (Fig. 2), que muestra la dorsal anticiclónica extendida desde un centro localizado en el Atlántico cercano hacia el oeste-noroeste sobre el sudeste de los Estados Unidos. Sobre Cuba y el resto de las Antillas Mayores las isobaras se extienden del este-sudeste determinando el flujo predominante del segundo cuadrante. En el nivel de 850 hPa el centro anticiclónico se encuentra bien definido, con su eje vertical ligeramente desplazado al oeste, más cerca de la región oriental de Cuba.

Tipo II: Se corresponde con aquellas configuraciones del campo de presión que pueden tener lugar cuando la región central del anticiclón del Atlántico se aleja sensiblemente de Cuba, produciéndose un extenso desplazamiento de las masas de aire desde su región fuente, lo que permite una mayor modificación de sus características iniciales, producto de una más prolongada interacción océano-atmósfera (flujo extendido).

Las isobaras suelen ser muy alargadas y la dirección del viento dependerá de la forma que adopten las mismas sobre el territorio cubano, pudiendo ser del

primer o segundo cuadrante. Inmersas en este flujo pueden presentarse perturbaciones tales como ondas u hondonadas; por lo que se describen dos subtipos: el 3 que representa el flujo extendido no perturbado y el 4 que se corresponde con la influencia del sector de divergencia de ondas tropicales y hondonadas.

La representación del patrón isobárico del subtipo 3 se presenta con los mapas del 14 de junio de 1971 (Fig. 3), marcados por isobaras alargadas que dibujan una dorsal que se extiende desde un centro anticiclónico en el Atlántico oriental hasta el sur-sudeste de los Estados Unidos y el golfo de México. Sobre Cuba pasa el eje de la dorsal y las isobaras se extienden desde el sudeste abriendo el gradiente de oriente a occidente, situación igualmente bien definida en el nivel de los 850 hPa.

El subtipo 4 está representado por los mapas de la Fig. 4, correspondientes al 28 de septiembre de 1980, que muestran a Cuba en la zona divergente de una onda en el flujo del este, área que antecede el eje de curvatura de las isobaras provenientes del anticiclón oceánico. Tanto el mapa de superficie como el del nivel de 850 hPa corroboran la posición alejada del centro de altas presiones subtropicales en el Atlántico oriental.

Tipo III: Esta situación sinóptica se relaciona con aquellas configuraciones del campo bórico que expresan una débil influencia anticiclónica o la existencia de hondonadas, vaguadas o sistemas de bajas

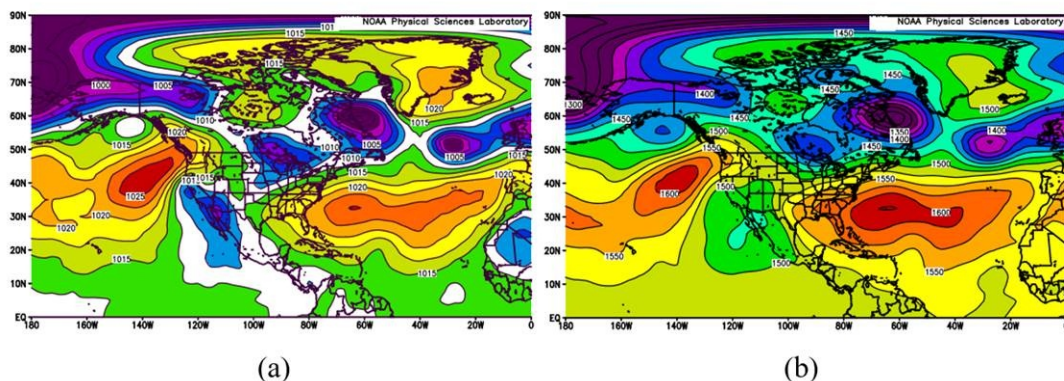


Figura 1. Ejemplos del subtipo 1: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

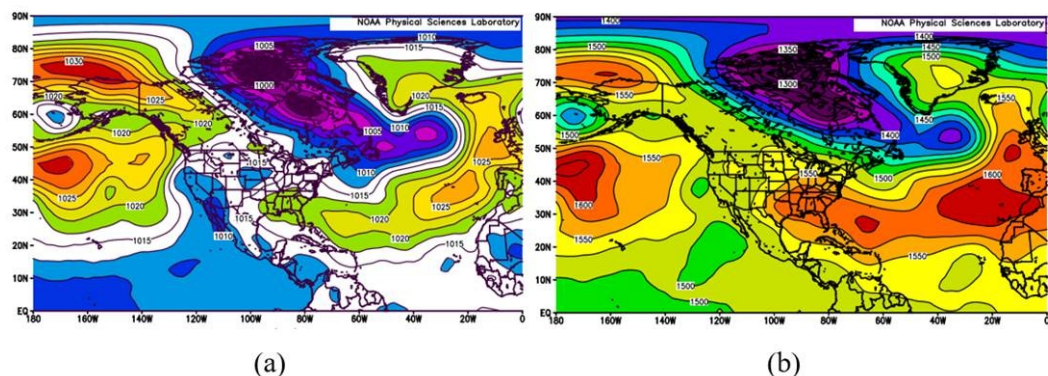


Figura 2. Ejemplos del subtipo 2: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

(bajas complejas), en regiones adyacentes a nuestra área cercana, por lo que las isobaras se muestran de una manera espaciada e imprecisa, predominando un débil gradiente barométrico.

Este TSS es el subtipo 5 y se representa con ayuda de los mapas del 23 de septiembre de 2003 (Fig. 5), que muestran una significativa amplitud entre las isobaras en el área de Cuba que imposibilita determinar la dirección del flujo de vientos, un pequeño centro de altas presiones sobre el sur de los Estados Unidos y un debilitado centro de altas presiones subtropical en el Atlántico, mientras, una vaguada del oeste separa ambos centros de altas presiones.

Tipo IV: contempla todas las configuraciones isobáricas que se relacionan con el desplazamiento cercano o sobre territorio cubano de ciclones tropicales, incluyendo las depresiones, perturbaciones y los huracanes, las cuales ocurren en la llamada “temporada ciclónica” que transcurre entre el 1 de junio y el 30 de noviembre de cada año. Los ciclones tropicales se consideran la situación sinóptica de mayor peligro para el país y a su influencia se deben numerosos desastres por causa hidrometeorológica a lo largo de la historia.

La situación escogida para representar este TSS (subtipo 6) se corresponde con la influencia del huracán Dennis el 8 de julio de 2005 (Fig. 6), cuando su

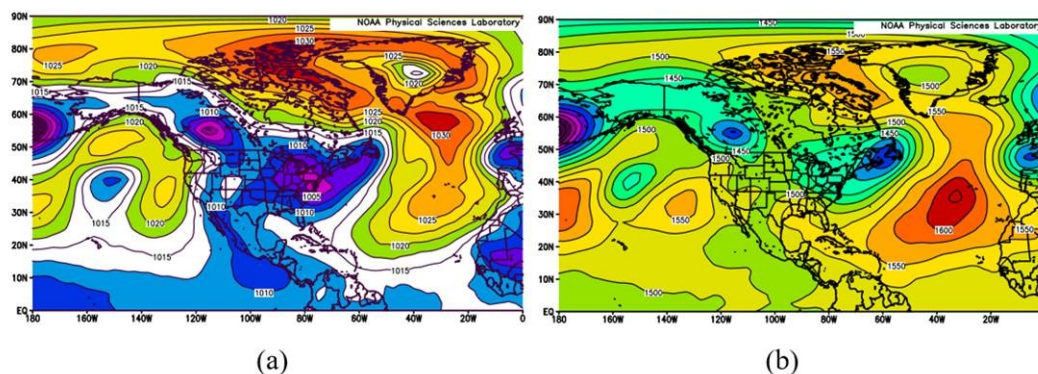


Figura 3. Ejemplos del subtipo 3: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

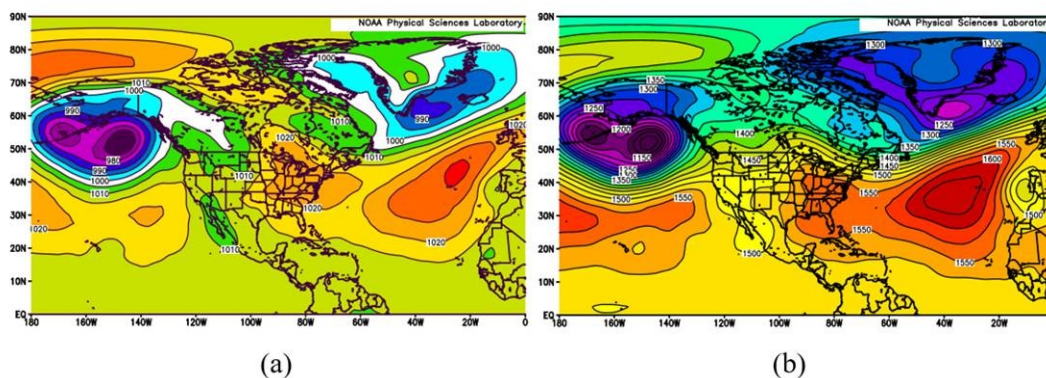


Figura 4. Ejemplos del subtipo 4: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

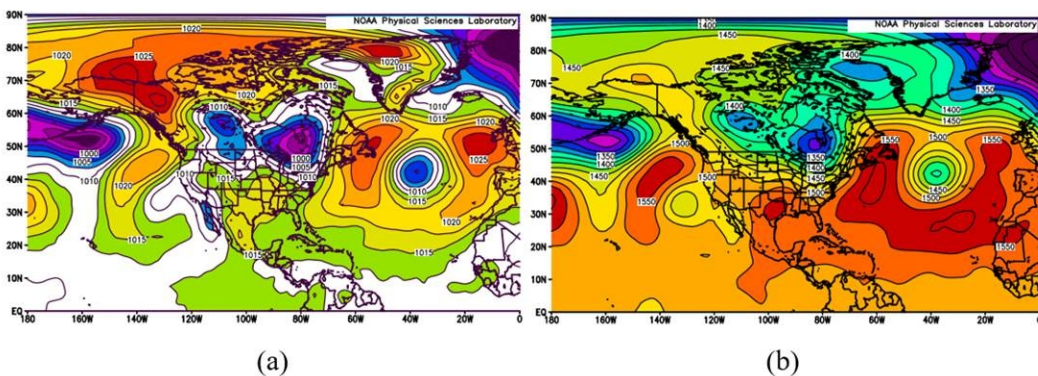


Figura 5. Ejemplos del subtipo 5: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

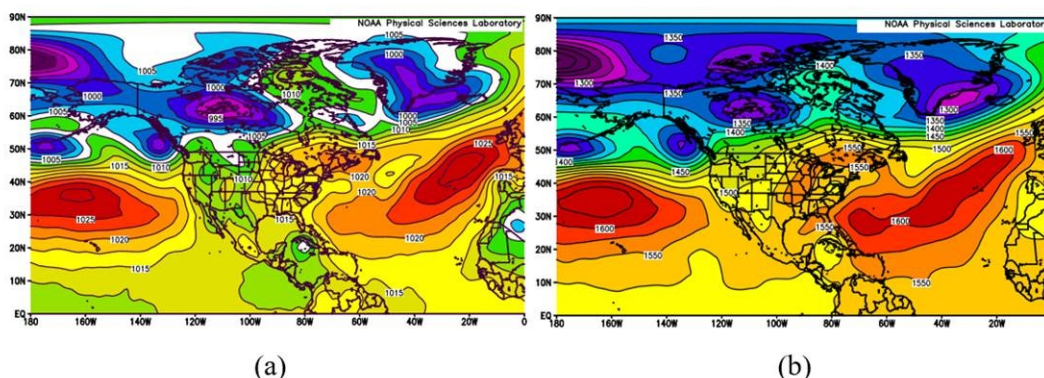


Figura 6. Ejemplos del subtipo 6: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

circulación ciclónica abarcaba gran parte del archipiélago cubano.

Tipo V: Este tipo de situación sinóptica incluye todas aquellas perturbaciones o disturbios ondulatorios que en diferentes formas se manifiestan sobre Cuba e influyen con sus zonas de convergencias asociadas y no definidas como otros tipos dentro de la clasificación.

Se han determinado dos subtipos: el 7 que comprende las ondas y hondonadas que se generan y propagan en el flujo del este y el 8 que considera otras situaciones, tales como extensiones meridionales de vaguadas de latitudes medias, líneas de cizalladura entre dos altas y las zonas de frontogénesis. Estos sistemas se presentan en el seno de corrientes del oeste pocos profundas y con lento movimiento hacia el este. También, en este subtipo se incluyen otros procesos tales como los reflejos de bajas frías superiores y áreas de bajo barómetro.

En el caso del subtipo 7, su representación se expresa mediante los mapas del 17 de septiembre de 2008, cuando se observaba una profunda onda tropical insertada en el flujo del este con su eje de mínima presión, que marca la curvatura de las isobaras, extendido desde el mar Caribe hacia el norte sobre la región oriental de Cuba y Las Bahamas (Fig. 7).

La situación sinóptica que representa al subtipo 8, está asociada con los mapas de superficie y del nivel geopotencial de los 850 hPa del 26 de junio de 1973 (Fig. 8), los cuales muestran un área de bajas presiones sobre La Florida con una hondonada extendida sobre el occidente de Cuba.

Tipo VI: Se incluyen en este tipo las bajas extratropicales, que logran influir sobre Cuba porque, ocasionalmente, pueden formarse cerca de Cuba, en el Golfo de México o en la porción meridional de los EE.UU. Su influencia sobre el territorio nacional ocurre, principalmente, durante el invierno, provocando significativos cambios en el estado del tiempo, especialmente cuando se mueven en sus inicios con una marcada componente latitudinal hacia el sur de los EE.UU. y el Golfo de México, para después inclinar su rumbo al nordeste y penetrar en el Atlántico.

Se clasifican en cuatro subtipos, atendiendo al tipo de influencia que puede dar la circulación periférica relacionada con la baja de características extratropicales: dos vinculados a la influencia directa de la baja, los subtipos 9 y 10, cuando la región de interés queda comprendida dentro del sistema cerrado de isobaras correspondiente a los sectores caliente o frío, respectivamente; y otros dos, los subtipos 11 y 12, cuando la región de interés queda fuera del sistema cerrado de

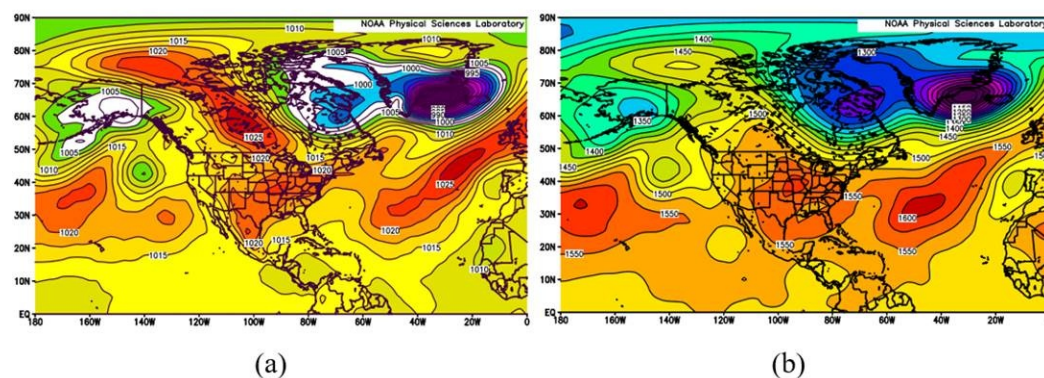


Figura 7. Ejemplos del subtipo 7: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

isobaras de la baja, en la zona meridional anterior del frente frío, destacando entonces la presencia o no de líneas de inestabilidad prefrontal.

Se tomó como referente para representar el subtipo 9, el mapa del 3 de febrero de 1998, con el centro de la baja extratropical localizada en el nordeste del golfo de México, el sector cálido de la circulación cerrada influyendo sobre la mitad occidental de Cuba y antecediendo el paso de un frente frío extendido hacia el suroeste (Fig. 9).

Los mapas del 18 de marzo de 1983 (Fig. 10), son representativos del subtipo 10, pues muestran el vórtice de una baja extratropical sobre la costa oriental de los Estados Unidos y el sector frío de su circulación

cerrada está sobre el golfo de México y el occidente de Cuba, imponiendo un flujo del cuarto cuadrante sobre esa parte del archipiélago cubano.

La situación sinóptica del subtipo 11 se representa por los mapas del 12 de enero de 1979 (Fig. 11), mostrando una baja extratropical en la porción norte del golfo de México, circulación de retorno del anticiclón oceánico con flujo de región sur abarcando gran parte de Cuba y una línea de contacto entre masas de aire (asíntota de confluencia) generadora de actividad prefrontal en 850 hPa sobre el occidente de Cuba.

Como representación del subtipo 12, se toma el día 5 de abril de 1977 (Fig. 12). Ese día, en superficie, una baja extratropical se localizaba sobre el nordeste

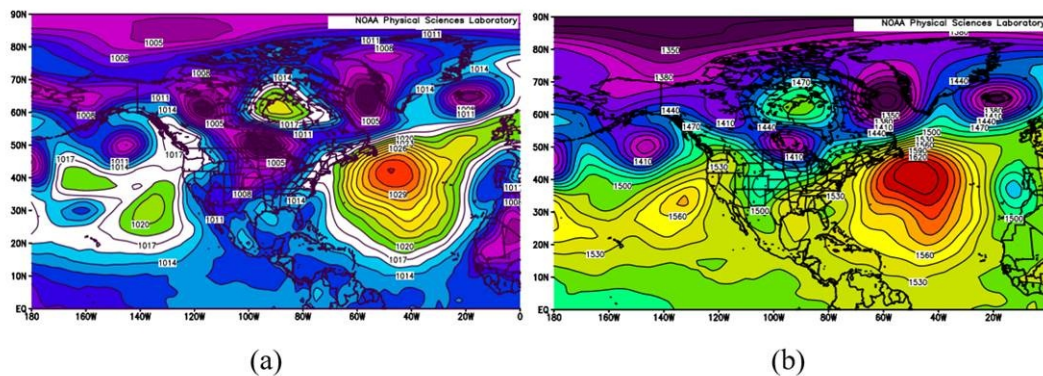


Figura 8. Ejemplos del subtipo 8: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

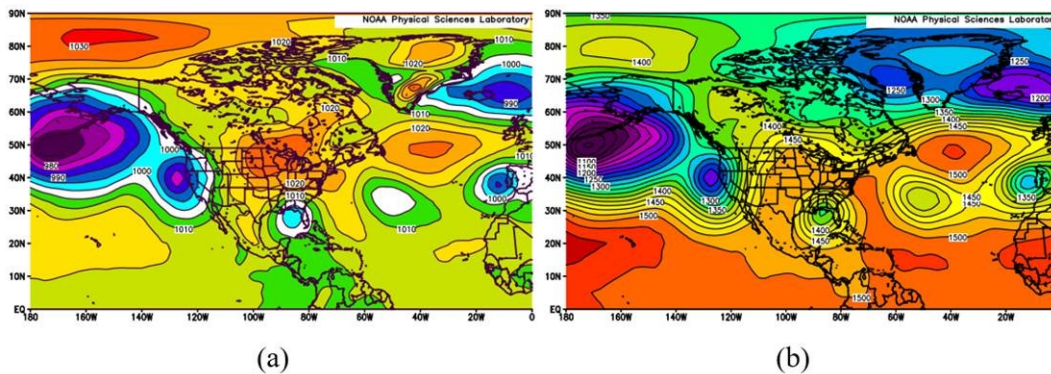


Figura 9. Ejemplos del subtipo 9: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

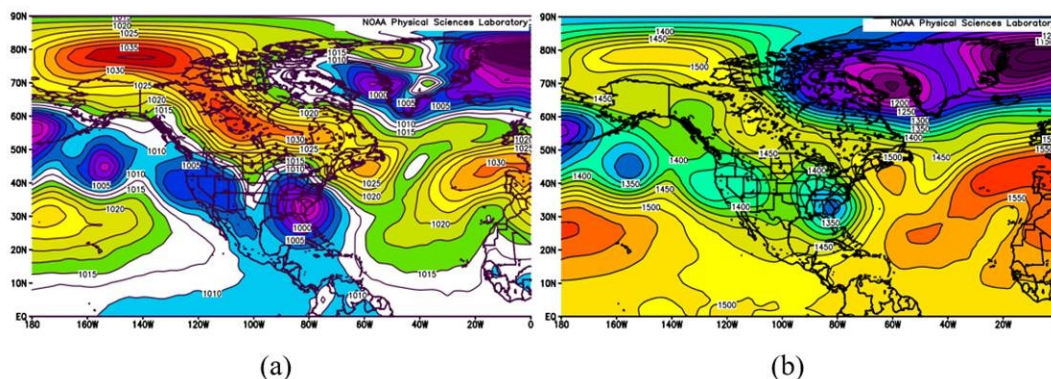


Figura 10. Ejemplos subtipo 10: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

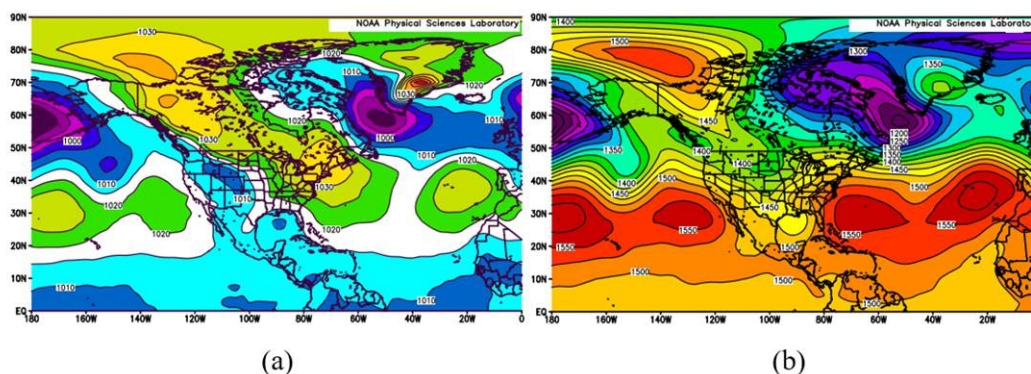


Figura 11. Ejemplos subtipo 11: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

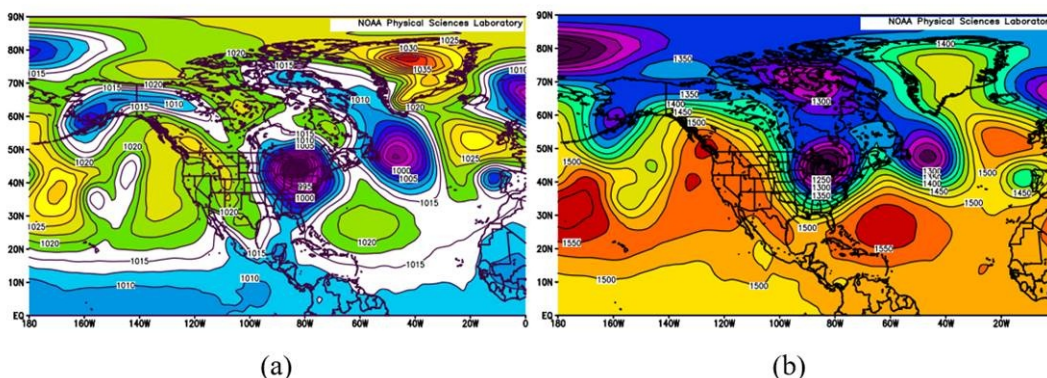


Figura 12. Ejemplos subtipo 12: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

de los Estados Unidos con un frente frío extendido al suroeste hasta el golfo de México. El anticiclón del Atlántico disminuía su influencia sobre Cuba y los vientos rolaban al sur en la mitad occidental del país. En el nivel de 850 hPa la onda estaba bien definida sobre la porción oriental de los EE.UU. y Cuba quedaba en el punto de cambio entre la influencia de los procesos tropicales y extratropicales.

Tipo VII: comprende los sistemas frontales asociados a las bajas extratropicales y que se desplazan acompañados de una zona de tiempo perturbado, relativamente estrecha y básicamente responsable de las lluvias que se producen en el período poco lluvioso del año. A su paso se produce un cambio brusco del estado del tiempo, cuya magnitud depende del contraste térmico entre ambas masas de aire.

En consideración a la estructura de los frentes, se han considerado cuatro subtipos: frente frío clásico (subtipo 13)¹, frente frío revésino (subtipo 14), frente casi-estacionario (subtipo 15) y frente en procesos de disipación (subtipo 16).

La situación del 8 de enero de 1976 se toma como representativa del subtipo 13, con un frente frío clásico

sobre el occidente de Cuba, que es antecedido por isobaras del segundo cuadrante provenientes del anticiclón oceánico que derivan en área de débil gradiente sobre el oriente, al aproximarse la línea frontal (Fig. 13), mientras, en 850 hPa una vaguada se extiende sobre el sudeste del golfo de México.

La representación típica del subtipo 14, está en los mapas del 16 de enero de 1972, en los cuales se aprecia un anticiclón migratorio continental con centro adelantado en el nordeste de los Estados Unidos y un frente frío revésino extendido sobre el occidente de Cuba, lo que es confirmado con la isobara del nordeste proveniente del anticiclón oceánico sobre la mitad oriental de Cuba, que impone flujo de vientos del primer cuadrante antecediendo el paso del frente (Fig. 14). En nivel de 850 hPa el centro de alto geopotencial se localiza sobre el noroeste del golfo de México y se mantiene el flujo del primer cuadrante sobre el oriente de Cuba.

El subtipo 15, queda representado por los mapas del día 9 de octubre de 1988, donde se aprecia una baja extratropical alejada hacia el nordeste, con frente frío extendido al suroeste, como casi-estacionario sobre Cuba, marcado por isobaras de región nordeste al norte y del este sobre el oriente de Cuba. En 850 hPa

¹ Nótese que la influencia de un sistema frontal, especialmente del tipo clásico, se produce asociado al desarrollo y movimiento de una baja extratropical, por lo que la clasificación de un caso u otro dependerá del proceso que haya influido sobre el lugar o región la mayor parte del día en cuestión.

la onda está amortiguada sobre el océano y una amplia zona de débiles gradientes evidencia la débil estructura vertical del sistema frontal (Fig. 15).

El 3 de noviembre de 2006 es la fecha escogida para representar el mapa sinóptico que caracteriza al subtipo 16. En el entorno de nuestra área geográfica, los mapas tienen dibujado sendos anticiclones bien representados, uno migratorio sobre el continente norteamericano con una zona de apretado gradiente sobre el nordeste del golfo de México, y otro subtropical que se extiende sobre gran parte del Atlántico Norte, entre ellos se aprecia un frente frío extendido desde el Atlántico, en proceso de disipación sobre Cuba; caracterizado por isobaras pertenecientes al campo del anticiclón oceánico provenientes del este, que cruzan

sobre latitudes al norte del archipiélago cubano, lo que demuestra la no existencia de contraste térmico sobre el país. En 850 hPa la onda está amortiguada en latitudes al norte sobre el Atlántico con un amplio collado sobre Las Bahamas, quedando Cuba al sur (Fig. 16).

TSS VIII: Las altas presiones continentales de origen polar, típicas de Norteamérica, tienden a desplazarse hacia el sur, el sudeste y luego al este, hacia el Atlántico (Lecha, et al., 1990). La mayoría de los anticiclones migratorios que se desplazan sobre Norteamérica son de poco espesor, considerándose su profundidad en el orden de los 1.5 a 3 km de altura, aunque en ocasiones puede ser superior. Cuando estos sistemas irrumpen activamente hacia

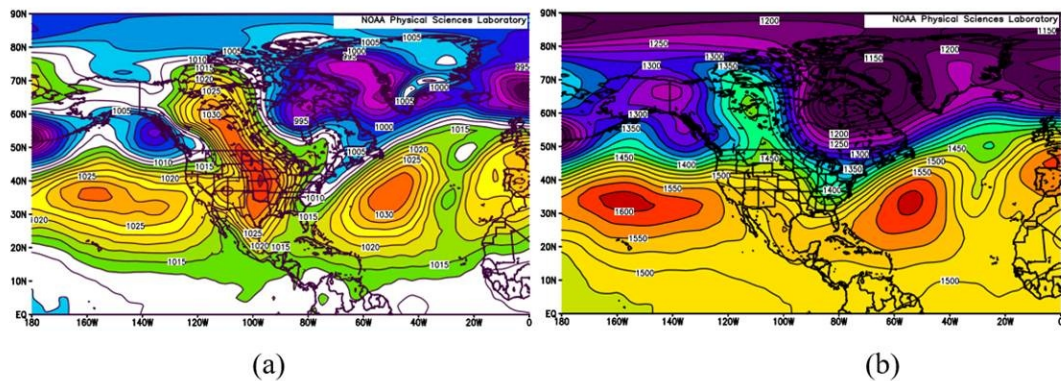


Figura 13. Ejemplos subtipo 13: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

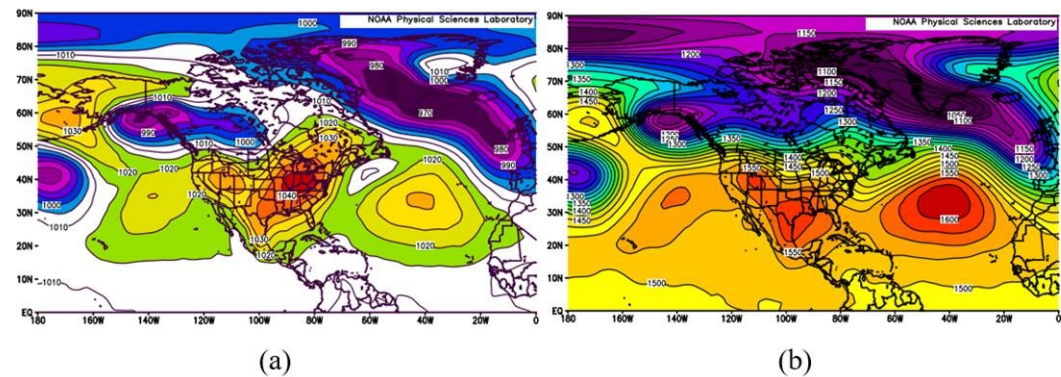


Figura 14. Ejemplos subtipo 14: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa

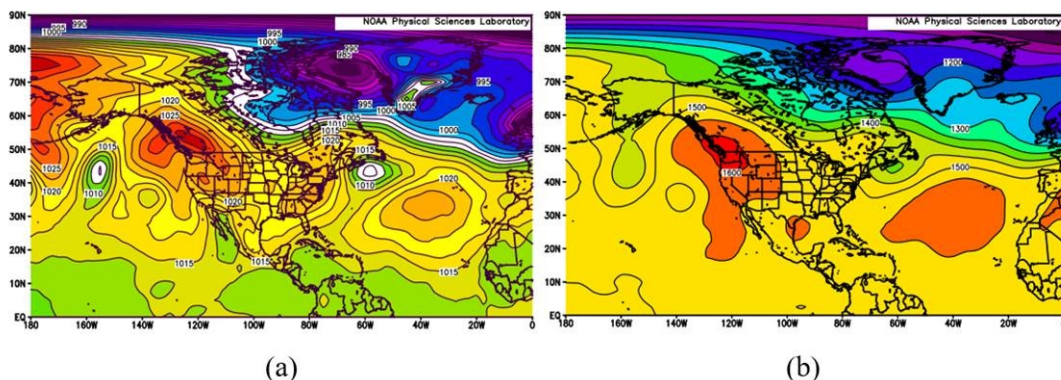


Figura 15. Ejemplos subtipo 15: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

bajas latitudes, entonces Cuba puede quedar bajo la influencia de temperaturas frías y muy frías, con vientos de región norte.

En su progresivo avance, al internarse estos anticiclones en zonas marítimas, ya sea por el Golfo de México o por la costa atlántica de los Estados Unidos, experimentan un rápido proceso de transformación debido a la fuerte humectación, pudiendo tener lugar una fusión con el anticiclón del atlántico o bien un desplazamiento del mismo. De acuerdo a la posición de su centro, ya sea sobre el golfo de México, la porción sur de los EE.UU. o durante su movimiento hacia el océano Atlántico occidental, se clasifican los subtipos 17, 18 y 19, respectivamente.

La situación sinóptica del 2 de enero de 1981, se muestra como la representación típica de una intensa

invasión del Vórtice Polar sobre Cuba (subtipo 17), con centro anticiclónico continental avanzado sobre Texas, como parte de una cuña que se extiende desde Canadá, y sus isobaras extendidas en el flujo de región norte sobre La Florida y Cuba (Fig. 17).

La representación del patrón típico para el subtipo 18, corresponde al 25 de diciembre de 1971, en cuyos mapas se localiza el centro anticiclónico sobre el sudeste de los Estados Unidos y sus isobaras se extienden de región nordeste sobre Las Bahamas y Cuba (Fig. 18).

Por último, el subtipo 19, se representa por los mapas del día 28 de enero de 1982, cuando un centro anticiclónico migratorio se localiza sobre la costa oriental de los Estados Unidos y el océano Atlántico adyacente, con sus isobaras extendidas de región este-nordeste sobre Las Bahamas y Cuba. Este sistema se

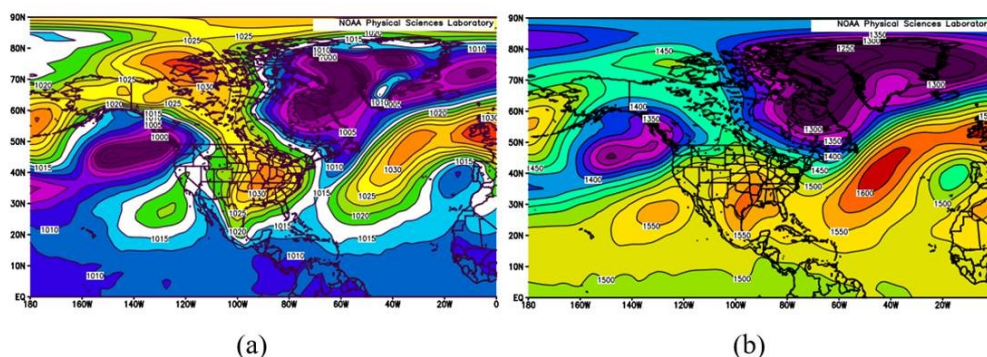


Figura 16. Ejemplos subtipo 16: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

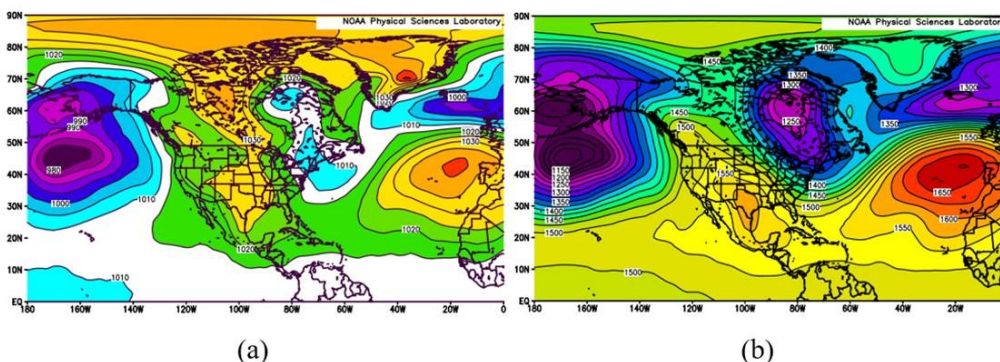


Figura 17. Ejemplos subtipo 17: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

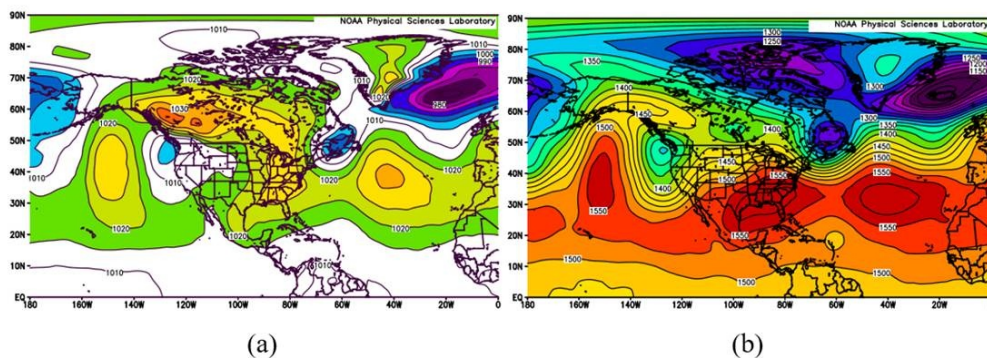


Figura 18. Ejemplos subtipo 18: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

mantiene con bien representado, con eje vertical hacia el suroeste, en el nivel de 850 hPa (Fig. 19).

A continuación, en la [Tabla 1](#) se presenta la descripción estandarizada de los elementos contenidos en los mapas sinópticos que son válidos para determinar los subtipos de situaciones sinópticas.

RESULTADOS

Para garantizar la calidad y representatividad de la base de datos, se establecieron los principios básicos para la clasificación subjetiva de los tipos y/o subtipos

de situaciones sinópticas que influyen sobre las mitades occidental y oriental de Cuba. También, fueron definidos los criterios para la revisión y corrección de las posibles incompatibilidades identificadas entre las clasificaciones diarias de ambas regiones.

Principios básicos para la clasificación de los subtipos de situaciones sinópticas en las mitades occidental y oriental de Cuba

1. La clasificación de cada caso diario debe realizarse simultáneamente en ambas regiones geográficas

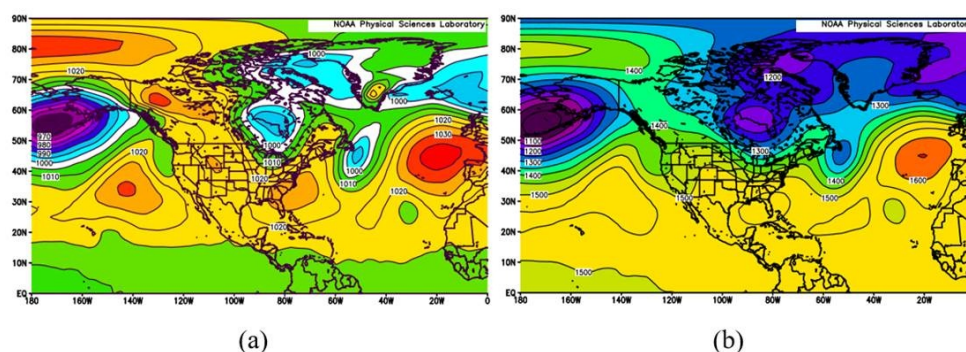


Figura 19. Ejemplos subtipo 19: a) Mapa de superficie y b) Mapa de 850 hPa.

Tabla 1. Descripción de los subtipos de situaciones sinópticas.

Grupos	Tipos	Subtipos	Descripción de los subtipos
AO	I	1	Influencia cercana del anticiclón subtropical del Atlántico, con sus isobaras en forma de cuña hacia el oeste sobre las Antillas Mayores, el golfo de México y el sudeste de los Estados Unidos, imponiendo un flujo de vientos del primer cuadrante sobre Cuba.
		2	Influencia cercana del anticiclón subtropical del Atlántico, con sus isobaras en forma de cuña hacia el oeste-noroeste sobre las Antillas Mayores y el sudeste de los Estados Unidos, imponiendo un flujo de vientos del segundo cuadrante sobre Cuba.
	II	3	Influencia lejana del anticiclón subtropical del Atlántico, con sus isobaras alargadas que se extienden desde el Atlántico oriental hasta el golfo de México (con posible centro secundario) y el sur-sudeste de los Estados Unidos, imponiendo un flujo de vientos extendido no perturbado sobre Cuba.
		4	Influencia lejana del anticiclón subtropical del Atlántico, con sus isobaras alargadas que se extienden desde el Atlántico oriental hasta el golfo de México y el continente norteamericano, imponiendo la influencia del sector divergente de ondas y hondonadas sobre Cuba.
DG	III	5	Situaciones de débil gradiente barométrico sobre Cuba.
CT	IV	6	Influencia de ciclón tropical sobre Cuba (incluye bajas, depresiones, tormentas tropicales y huracanes).
AO	V	7	Influencia de ondas tropicales bien definidas en el flujo del este sobre Cuba.
SF	VI	8	Influencia de zonas de cizalladura y hondonadas en el flujo del oeste sobre Cuba.
CE		9	Influencia del sector cálido dentro de la circulación cerrada de una baja extratropical sobre Cuba.
		10	Influencia del sector frío dentro de la circulación cerrada de una baja extratropical sobre Cuba.
		11	Influencia del flujo externo a la circulación cerrada de una baja extratropical, con actividad prefrontal sobre Cuba.
	VII	12	Influencia del flujo externo a la circulación de una baja extratropical, sin actividad prefrontal sobre Cuba.
SF		13	Influencia de frente frío clásico sobre Cuba.
		14	Influencia de frente frío revesino sobre Cuba.
		15	Influencia de frente casi-estacionario sobre Cuba.
	VIII	16	Influencia de frente en proceso de disipación sobre Cuba.
AC		17	Influencia del anticiclón migratorio continental, con centro sobre Norteamérica y sus isobaras extendidas de región norte sobre La Florida y Cuba.
		18	Influencia del anticiclón migratorio de origen continental, en proceso de transformación, con centro sobre el golfo de México, el sudeste de los EE.UU. o su costa oriental y sus isobaras extendidas de región nordeste sobre Las Bahamas y Cuba.
		19	Influencia del anticiclón migratorio de origen continental, en avanzado estado de transformación, con centro sobre la costa oriental de los Estados Unidos o en áreas del océano Atlántico adyacente y sus isobaras extendidas de región este-nordeste sobre Las Bahamas y Cuba. ²
SI	IX	20	Situaciones indeterminadas.

- (mitades occidental y oriental), mediante el análisis del mapa sinóptico de superficie y otros elementos meteorológicos que complementen la información para la toma de la decisión.
2. Los subtipos del 1 al 7 son considerados como situaciones sinópticas asociadas a la circulación del este, mientras, los subtipos del 8 al 19 como situaciones sinópticas asociadas a la circulación del oeste. El límite entre ambos sentidos de la circulación se encuentra dentro del tipo V (zonas de convergencia), compuesto por los subtipos 7 y 8.
 3. El periodo más complejo de clasificar es la temporada poco lluviosa del año, pues es probable la ocurrencia de todas las situaciones sinópticas definidas en la clasificación original de Lapinel (1988).
 4. Los procesos sinópticos son continuos y están en constante movimiento, por lo que durante una parte del día pueden afectar a una región del país y en la otra parte del día afectar a la otra región. También, pueden transformarse al moverse sobre el largo y estrecho territorio nacional. Entonces, resulta importante conocer las características y el tiempo de influencia del TSS bajo análisis en cada región. Para decidir la clasificación a aplicar, se recomienda utilizar la secuencia diaria de los mapas sinópticos en los cuatro horarios principales (00, 06, 12 y 18 UTC).
 5. La clasificación de las situaciones sinópticas anticiclónicas (I, II y VIII) se determina en el mapa por la posición del centro anticiclónico y la forma que adoptan las isobaras sobre Cuba completa, no sobre una u otra mitad. Por tanto, en un mismo día no pueden clasificarse las mitades occidental y oriental de Cuba con tipos anticiclónicos diferentes. No obstante, se admite que los subtipos puedan ser diferentes en las regiones para los tipos I y II, lo que no está permitido para el tipo VIII. Este principio se aplica en los casos con clasificaciones similares de situaciones anticiclónicas en ambas mitades de Cuba, no para los casos donde los procesos meteorológicos pueden ser diferentes en ambas regiones geográficas.
 6. La clasificación de la influencia del ciclón tropical (tipo IV) se determina en el mapa cuando el área geográfica de interés se encuentra dentro de la circulación cerrada de las isobaras del ciclón o bajo la influencia de isobaras abiertas con curvatura ciclónica en su trayectoria de desplazamiento. Según la trayectoria y velocidad de traslación del ciclón una o ambas mitades de Cuba pueden estar bajo la influencia de este TSS.
 7. La clasificación de las bajas extratropicales (tipo VI) se debe realizar atendiendo al área de influencia del sector cálido o frío de la baja, así como, al área que abarca la última isobara cerrada del sistema. Por lo que las descripciones contenidas en la Tabla 1, pueden dar como resultado clasificaciones diferentes del subtipo para cada región.
 8. En el caso de los ciclones extratropicales con influencia directa sobre una región del país, el criterio para clasificar con un subtipo del TSS VI o con un subtipo del TSS VII (generalmente el frente frío clásico) depende de la duración del proceso dentro del intervalo de 24 horas del día natural, escogiendo el de mayor tiempo de influencia.
 9. La clasificación de las ondas tropicales, hondonadas y zonas de convergencia (tipo V) se aplica cuando en el mapa de superficie el eje de mínima presión atmosférica, que marca un cambio de cuadrante en las isobaras, se extiende la mayor parte del día sobre una de las dos regiones de Cuba o ambas. Sin embargo, el subtipo 7 ocurre generalmente bajo la influencia anticiclónica oceánica, mientras que, el subtipo 8 se relaciona más con procesos extratropicales. Por lo que la clasificación a escoger debe estar en correspondencia con el tipo de estado del tiempo y/o condición local que se quiere destacar.
 10. La clasificación de los sistemas frontales es compleja porque los frentes se transforman rápidamente al moverse sobre el país y pueden afectar a las mitades occidental y oriental con subtipos diferentes en el mismo día. Entre las situaciones frontales con tratamiento erróneo observadas más frecuentemente en las clasificaciones están las siguientes:
 - a. *La clasificación en secuencia de días consecutivos como frentes fríos clásicos o revesinos.* Las clasificaciones de los frentes fríos clásicos y revesinos están definidas por el sentido de giro de sus vientos, dextrógiro y levógiro respectivamente, y en base a eso será clasificado el día de llegada del frente a cada una de las regiones. El segundo día, o días siguientes, de un frente frío clásico o revesino sobre la misma región de Cuba debe ser clasificado como casi-estacionario o en disipación. Si la influencia del frente frío sobre esa región se mantiene con isobaras de la dirección nordeste o este-nordeste, provenientes del anticiclón migratorio será clasificado como: casi-estacionario. Sin embargo, si la influencia del frente frío sobre esa región está marcada por el cruce sobre Cuba y latitudes al norte de isobaras proveniente del anticiclón oceánico, será clasificado como: en procesos de disipación.
 - b. *La clasificación de un frente frío como casi-estacionario el día que llega a una región.* Si un sistema frontal está casi-estacionario, no debe llegar a ninguna región, por lo que debe clasificarse como clásico o revesino, según el caso. Es a partir del segundo día sin movimiento, que se puede declarar un frente como casi-estacionario o en disipación sobre la región específica.
 - c. *La llegada de un frente frío revesino que no se reconoce como sistema frontal.* Ocasionalmente situaciones frontales de este tipo se denominan “vaguadas” o “vaguadas frontales”, al no identificar el

levógiro del viento como el elemento de clasificación, siendo en realidad una zona frontal activa o en frontogénesis, que marca una clara diferencia entre las dos masas de aire con características termodinámicas diferentes, reconocido aquí como el subtipo 14.

- d. *Los sistemas frontales que retroceden desde oriente hacia occidente (retrogradación).* En estos procesos aparecen las características de un frente cálido, categoría no contemplada en la clasificación original de Lapinel (1988), por lo que ha recibido erróneamente el tratamiento de frente casi-estacionario, en disipación o como vaguada. Por lo que se propone incluir el nuevo subtipo de frente cálido como parte de la clasificación.
11. La influencia de débil gradiente barométrico (tipo III) se determina por la imposibilidad de establecer la dirección de circulación del viento sobre el área geográfica, teniendo en cuenta, la ausencia de centros dinámicos y valores bajos de la presión atmosférica.
12. Durante el proceso de clasificación de casos complejos donde es posible decidir por más de un tipo de situación sinóptica tendrá prioridad aquella que sea más representativa del estado del tiempo observado ese día en la región geográfica, con énfasis en las situaciones sinópticas que producen precipitaciones u otros hidrometeoros asociados y/o poseen baja frecuencia de ocurrencia.

Criterios para la revisión de las incompatibilidades

La aplicación de los principios antes descritos fue determinante para una adecuada clasificación de los TSS. Posteriormente, se realizó retrospectivamente la revisión de las incompatibilidades identificadas entre las clasificaciones diarias de la mitad occidental y la oriental, en la base de datos que genera el Catálogo. Estos criterios para la revisión de las incompatibilidades se presentan en la Tabla 2, los cuales han sido enriquecidos y modificados en la medida que el uso del Catálogo se aplica en investigaciones, recibe críticas, sugerencias y nuevas actualizaciones.

A las series de datos de las clasificaciones para las mitades occidental y oriental de Cuba se le aplicó el procedimiento estadístico Tabla de Contingencia (Hoel, 1972), que brinda las frecuencias observadas para cada uno de los intervalos de interconexión, o sea, 19,358 combinaciones diarias de los subtipos de TSS que contienen las regiones occidental y oriental como variables contrastadas (Tabla 3).

La Fig. 20 resume el resultado del proceso de comparación-validación hecho a la base de datos completa de los subtipos TSS con sus 19,358 casos. El esquema representa la salida de la tabla de contingencia, donde las celdas se ordenan a partir del extremo superior izquierdo (x_1, y_1) hasta el extremo derecho inferior (x_{19}, y_{19}).

Las celdas que definen la ocurrencia de alguna incompatibilidad se enmarcan y diferencian mediante colores, a partir de contrastar las clasificaciones de ambas mitades del país en un mismo día. A su vez, los colores identifican rangos de frecuencias observadas en las celdas que conforman cada uno de los criterios a considerar para la revisión.

Como se muestra en la Tabla 4, el resultado del proceso de revisión y validación permitió identificar 11 813 días con la misma clasificación en ambas regiones (61.0 %), correspondiente el 49.0 % al resto de las combinaciones de situaciones diarias. El comportamiento de los TSS descrito anteriormente justifica la decisión de estudiar las situaciones sinópticas en dos regiones de Cuba (mitades) y no como una sola región, pues el 49.0 % de las situaciones, donde se incluyen las de baja frecuencia de ocurrencia, pero alto impacto socio-económico, quedaría solapado dentro de la diversidad de situaciones anticiclónicas. Tampoco se considera apropiado utilizar tres regiones, pues los grupos de casos formados no alcanzarían la condición impuesta para la representatividad climática.

Como era de esperar, las mayores coincidencias se corresponden con el grupo anticiclónico y dentro de este los TSS VIII, TSS II y TSS I son los más frecuentes en orden descendente, con valores de 21.7 %, 18.5 % y 9.4 %, respectivamente. La presencia de gradientes de presión débiles influye simultáneamente sobre ambas regiones solo el 5.0 % de los días del período estudiado, seguido por la frecuencia de los sistemas frontales (TSS VII) con el 2.9 %. Los procesos ciclónicos TSS IV y VI) y ondulatorios (TSS V) afectan simultáneamente ambas regiones del territorio nacional con frecuencias muy bajas de 1.7 % respectivamente, resultado que puede sorprender por los fenómenos meteorológicos peligrosos asociados y los impactos provocados durante su ocurrencia.

Además, las revisiones han detectado 3 782 clasificaciones de subtipos con incompatibilidades en días específicos (19.5 %), todas corregidas de acuerdo a los principios antes definidos. Como se infiere de la Tabla 5, la mayor cantidad de incompatibilidades en las clasificaciones se encuentran dentro de los tipos anticiclónicos: 1 062 casos el TSS I, 956 casos el TSS II y 849 casos el TSS VIII, lo que representa el 75.8 % de todos los errores detectados.

En el contexto de la muestra total, tres cuartas partes de los errores cometidos ocurren con los procesos anticiclónicos, lo que alerta sobre el cuidado con que se deben clasificar estas situaciones en las futuras actualizaciones, aplicando con minuciosidad los principios establecidos en el presente Catálogo.

Resulta interesante comparar el peso relativo que tienen las incompatibilidades encontradas con respecto al número de casos en cada subtipo. Como se observa en la Fig. 21, algunos subtipos de situaciones sinópticas concentran muchos más incompatibilidades que otros en su ubicación regional, o sea, puede ser

Tabla 2. Criterios utilizados para la revisión de las incompatibilidades.

Localización en la Fig. 20	Clasificaciones esperadas o incompatibilidades observadas	Criterios de revisión
1. Celdas rojas OCC = ORI (diagonal) OCC 10, ORI 9	Influencia de situaciones sinópticas anticiclónicas un mismo día en las mitades occidental y oriental de Cuba, son las situaciones esperadas para clasificar, ya que son predominantes de la forma siguiente: 1 y 2 durante el verano, 3 y 4 en los periodos de transición mayo-junio y septiembre-octubre, del 17 al 19 en la temporada poco lluviosa del año. Otras situaciones sinópticas no anticiclónicas que su comportamiento es predominante para ambas mitades de Cuba son: el débil gradiente de presión, el ciclón tropical, los frentes fríos clásicos, revesinos y en disipación. Además, de la única combinación de subtipos: baja extratropical con sector frío en occidente y sector cálido en oriente.	Clasificación esperada con máxima frecuencia de ocurrencia en las celdas diagonales respecto a su fila y columna. Además, un caso de la combinación de subtipos 10 en occidente y 9 en oriente.
2. Celdas azules OCC 3-4, ORI 1-2 y OCC 1-2, ORI 3-4	Influencia del anticiclón oceánico, con un tipo en occidente y otro tipo en oriente.	Error al clasificar, se recomienda revisar el principio básico 5 y la descripción de los subtipos 1, 2, 3 y 4 en la Tabla 1.
3. Celdas naranjas OCC 8-16, ORI 1	Influencia de bajas extratropicales y sistemas frontales sobre occidente, con influencia cercana del anticiclón oceánico en oriente.	Clasificación esperada con baja frecuencia de ocurrencia.
4. Celdas azules OCC 17-19, ORI 1-4	Influencia del anticiclón migratorio en occidente con la influencia del anticiclón oceánico en oriente, sin un sistema frontal o zona de convergencia separando ambas masas de aire.	Error conceptual del procedimiento de análisis meteorológico, se recomienda revisar el principio básico 5 e identificar el tipo de situación sinóptica que separa ambas masas de aire.
5. Celdas naranjas OCC 8-19, ORI 7	Influencia de vaguadas en el flujo del oeste, bajas extratropicales y sistemas frontales en occidente, con influencia de ondas tropicales sobre oriente.	Clasificación esperada con baja frecuencia de ocurrencia.
6. Celdas azules OCC 1-4, ORI 8-16	Influencia del anticiclón oceánico en occidente, con influencia de sistemas frontales, bajas extratropicales y vaguadas en el flujo del oeste sobre oriente.	Clasificación esperada con mínima frecuencia de ocurrencia.
7. Celdas azules OCC 13 o 14, ORI 13 o 14	Influencia de un subtipo de frente frío (clásico o revesino) en occidente y otra en oriente para el mismo proceso frontal.	Error conceptual del procedimiento de análisis meteorológico, una vez que un frente llega al occidente del país recibe un tipo de clasificación de acuerdo al giro de sus vientos que es invariable, se recomienda revisar el principio 10.
8. Celdas azules OCC 15-16, ORI 13-15	Influencia de frentes fríos casi-estacionarios o en disipación sobre el occidente, con influencia de frentes fríos clásicos o revesinos en oriente.	Clasificación esperada con mínima frecuencia de ocurrencia. Revisar el principio 10.
9. Celdas azules OCC 1-4, ORI 17-19	Influencia del anticiclón oceánico en occidente, con la influencia del anticiclón migratorio en oriente.	Situación sinóptica imposible, se recomienda revisar el principio 5 y la secuencia de mapas que antecede al caso clasificado.
10. Celdas azules OCC 17-19, ORI 17-19	Influencia de un subtipo de anticiclón migratorio en occidente y otro subtipo en oriente.	Interpretación errónea de la clasificación, se recomienda revisar el principio 5 y las descripciones de los subtipos 17, 18 y 19 en la Tabla 1.

que conceptualmente una clasificación de subtipo sea correcta, pero lo que motiva el error es la incompatibilidad entre los subtipos clasificados para ambas regiones, por lo que se recomienda que el proceso de clasificación sinóptica para más de una región, se haga siempre que sea posible para todas las regiones simultáneamente, y por los mismos analistas siguiendo los principios establecidos.

También, es evidente la reducción de incompatibilidades identificadas en las revisiones realizadas durante los últimos tres años, respecto a la primera revisión efectuada durante 2020 a la clasificación inicial, lo que puede tomarse como un indicador positivo de la calidad de la información actual brindada por la base de datos de situaciones sinópticas que influyen sobre Cuba, que ha permitido además, conocer los subtipos de situaciones sinópticas que pueden presentar mayor

complejidad a la hora de asignar una categoría sinóptica.

De tal forma que, al comparar las cantidades de incompatibilidades identificadas por clasificaciones diarias se observa que en seis de los 19 subtipos: los anticiclónicos 1 y 2 del TSS I, el extratropical 10 del TSS VI, y los frontales 14, 15 y 16 del TSS VII, tuvieron una incidencia inicial de incompatibilidades en más del 30 % de los días, las que fueron corregidas en los procesos de revisiones anteriormente descritos. Esto demuestra, especialmente para los de baja frecuencia de ocurrencia, la necesidad de abordar con responsabilidad la tarea perspectiva de avanzar en el desarrollo de sistemas objetivos automatizados de clasificación de los tipos de situaciones sinópticas influyentes sobre Cuba.

Tabla 3. Comparación de la clasificación de los subtipos occidental vs oriental.

Subtipos Orientales	Subtipos Occidentales																			Sumas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	611	218	0	0	38	1	136	0	0	0	1	3	2	0	2	2	0	0	0	1014
2	10	1217	0	0	63	69	252	63	9	0	20	14	19	2	3	6	0	0	0	1747
3	0	0	2303	460	171	55	329	75	0	0	23	27	46	19	69	53	0	0	0	3630
4	0	0	209	1282	137	134	164	135	20	1	67	59	46	8	10	18	0	0	0	2290
5	6	2	129	76	965	83	102	168	45	0	128	93	212	30	65	58	28	63	4	2257
6	6	1	5	60	14	229	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	9	18	18	373
7	153	216	204	291	134	1	294	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1295
8	0	0	0	0	47	15	0	40	0	0	1	0	9	1	9	9	46	192	52	421
9	0	0	0	0	0	0	0	0	17	28	0	1	11	0	0	0	3	1	0	61
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	2	1	0	0	5	5	0	20
11	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	48	3	101	8	6	4	4	7	0	185
12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	26	56	0	3	2	5	2	0	96
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	382	0	0	0	285	123	2	796
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	0	0	30	35	2	134
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	17	0	166	222	44	451
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	32	100	36	111	41	321
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	505	0	0	505
18	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1846	0	1853
19	0	0	0	0	1	11	1	0	0	0	9	14	0	1	1	13	0	0	1858	1909
Sumas	786	1654	2850	2169	1570	604	1288	484	96	37	299	245	887	138	217	266	1122	2625	2021	19358

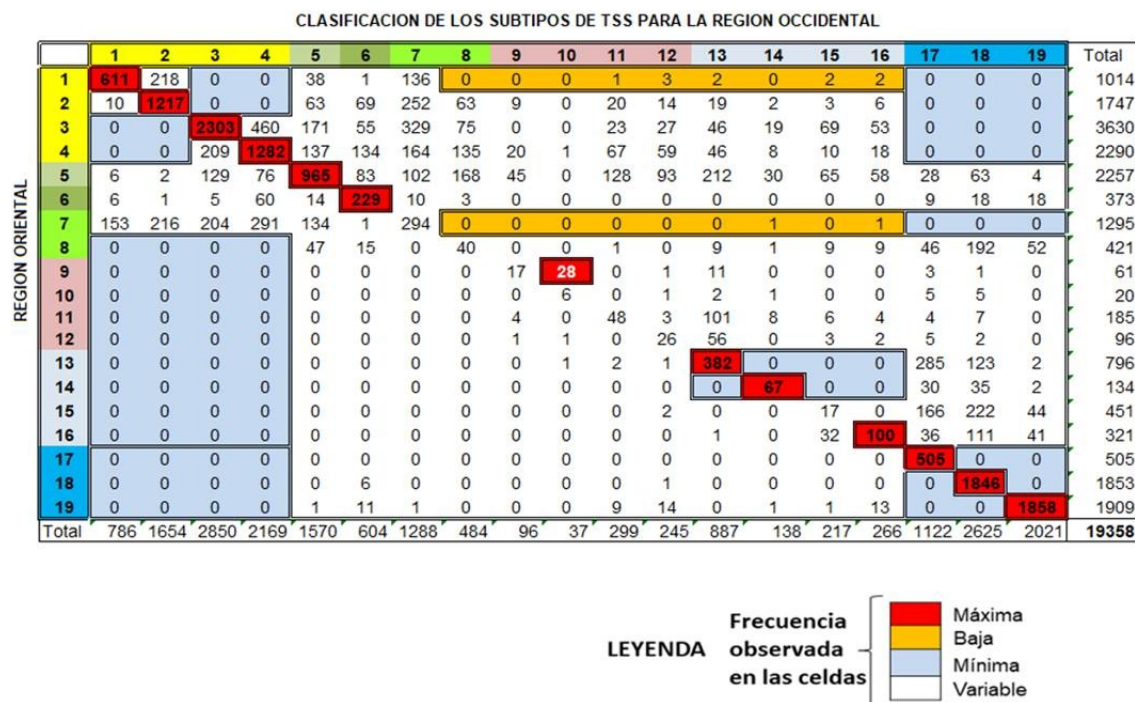


Figura 20. Frecuencias observadas en las clasificaciones y representación de los criterios de incompatibilidad entre subtipos.

Tabla 4. TSS coincidentes el mismo día en ambas regiones de Cuba.

Tipos	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Total
Numero de Casos	1828	3585	965	229	334	97	566	4209	11 813
Frecuencias (%)	9.4	18.5	5.0	1.2	1.7	0.5	2.9	21.7	61.0

Tabla 5. Sumas de casos corregidos en la base de datos comparada.

TSS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Total
Revisiones a postproceso de la clasificación inicial hasta 2020	700	718	102	97	210	56	282	709	2 874
Revisiones para actualizaciones anuales y aplicaciones en nuevas investigaciones 2021-2023	362	238	26	2	66	2	72	140	908
Sumas de casos corregidos	1062	956	128	99	276	58	354	849	3 782

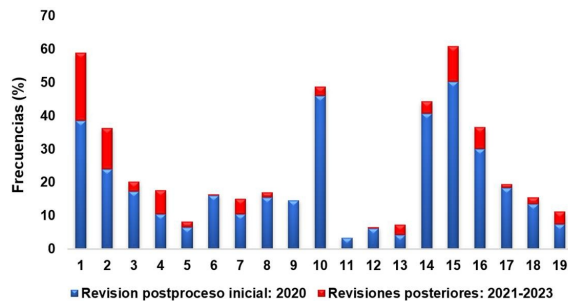


Figura 21. Frecuencias de incompatibilidades por subtipos.

CONCLUSIONES

El contenido del [Catálogo de los Tipos de Situaciones Sinópticas que influyen sobre Cuba](#) es pertinente y permite profundizar en el estudio de las circulaciones atmosféricas como uno de los factores principales en la formación del clima cubano, aporta nuevos conocimientos sobre las características de los principales procesos sinópticos que afectan al país, incorpora conceptos y enriquece la clasificación original de Lapinel, incluyendo la propuesta de nuevos TSS o subtipos, como es el caso de los frentes cálidos que influyen sobre el país, aunque, con baja frecuencia.

La validación realizada a la serie de datos de la clasificación permitió eliminar las incompatibilidades entre regiones, estandarizar los principios utilizados para la clasificación y brindar recomendaciones que servirán de guía para mantener actualizado el presente resultado en el futuro, asegurando su homogeneidad y valor aplicado.

Los resultados muestran transformaciones espacio-temporales y cambios en la variabilidad de los patrones sinópticos que influyen sobre ambas regiones del país, los que pueden ser reflejo de los impactos ya visibles del cambio climático en la variabilidad de los procesos de la circulación atmosférica que determinan el clima de Cuba, aspectos que se tratarán en un próximo informe.

REFERENCIAS

Aguilar, G., Carnesoltas, M., Fernández, C. y Naranjo, L. (2005). Climatología de las Tormentas Locales Severas en Cuba en el período 1987 – 2002. Resultados de la modelación de un caso de estudio. *Rev. Cubana de Meteorología*, 12(1): 3-10.

Alfonso, A. (1994). Climatología de las tormentas locales severas de Cuba. Cronología. Ed. Academia, la Habana; 168 p. ISBN 959-02-0060-5.

Aroche, R., Pomares, I., Varela, N., Masó, N. y Fernández, N. (2012). El índice de circulación de Katz. Una aplicación en investigaciones sobre variabilidad climática regional. *Rev. Cubana de Meteorología*, 18(1), enero-junio: 100-111. ISSN 0864-151X.

Benedico, O., Fernández, A.J. y Barcia, S. (2012). Patrones de circulación asociados a los entornos de gradiente de presión en superficie para el período lluvioso y su relación con el campo de viento y las precipitaciones sobre Sancti Spíritus, Ciego de Ávila y Camagüey, Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 18(2), julio-diciembre: 138-151. ISSN 0864-151X.

Carrasco, M., Roque A. y Carnesolta, M. (2011). “Caracterización de la brisa de mar. Sus efectos en el aprovechamiento de la energía eólica. Estudio de dos casos”. *Rev. Cubana de Meteorología*, 17(1): 27-45. ISSN: 0864-151X.

Durán, I. (2017). Circulación atmosférica y días con lluvia durante eventos significativos de sequía en el occidente de Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 23(3): 349-362. ISSN 0864-151X.

Fernández, A.J. (1987). Métodos sinóptico-estadísticos de análisis y pronóstico de las temperaturas extremas y las precipitaciones en el territorio de Cuba [en ruso]. Tesis en opción del grado de Dr. en Ciencias Geográficas, Instituto Hidrometeorológico de Odessa, URSS, 260 p. (inédito).

Fernández, A.J. (1992a). “Procesos sinópticos del período poco lluvioso y las precipitaciones diarias”. *Rev. Cubana Meteorología*, 5(2): 35-39.

Fernández, A.J. (1992b). “Los procesos sinópticos y el campo de las temperaturas extremas diarias”. *Rev. Cubana Meteorología*, 5(2): 51-62.

Fernández, A.J. y Pazos, C. (1998). Pronóstico trihorario del viento en la provincia de Ciego de Ávila. Ed. Academia, la Habana; 33 p. ISBN 952-02-0231-4.

Fernández, A.J., Santana, O., Pino, M., González, J., Pérez, J. y otros (1998). PROMETEO: Sistema de pronóstico objetivo de variables meteorológicas. Ed. Academia, la Habana; 34 p. ISBN 952-02-0231-4.

Fernández, A.J. y Díaz, Y.A. (2005). Catálogo de procesos sinópticos del archipiélago cubano en el período 1979-1998. Ed. INSMET, CMP de Cienfuegos; 167 p.

Fernández, A.J., Barcia, S., Orbe, G. y Díaz, Y.A. (2005). “Patrones sinópticos de comienzos del

- período lluvioso y su nexa con la variabilidad climática en la segunda mitad del siglo XX". *Rev. Cubana Meteorología*, 12(2): 88-93.
- Fonseca, C. (2009). Índices de circulación atmosférica y anomalías de la lluvia en Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 15(1): 3-13. ISSN 0864-151X.
- Frakes, B. y Yarnal B. (1997). "A procedure for blending manual and correlation-based synoptic classifications". *International Journal of Climatology*, 17: 1381-1396.
- González, C. (1999). Climatología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1916-1917 hasta 1996-1997. *Rev. Cubana de Meteorología*, 6(1): 15-19.
- González, C. y Pila, E. (2017). Caracterización de las bajas extratropicales en el occidente de Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 23(1): 20-42. ISSN 0864-151X.
- Hoel, P. (1972). Introducción a la Estadística Matemática. Edición Revolucionaria, 471 pp.
- Hoy, A., Sepp, M. y Matschullat, J. (2011). Spatial response and temporal development (1901 - 2010) of two manual atmospheric circulation classifications in Europe. Presentation Technische Universität Bergakademie Freiberg, 19 p.
- Huth, R., Beck, C., Philipp, A., Demuzere, M., Ustrnul, Z., Cahynová, M., Kyselý, J. y Tveito, O. E. (2008). Classifications of Atmospheric Circulation Patterns. Recent Advances and Applications. Trends and Direction in Climate Research: *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1146, 105-152.
- Jústiz, A. y González, C. (2013). Circulación troposférica asociada a los frentes fríos fuertes que afectaron a Cuba en el período 1950-2008. *Rev. Cubana de Meteorología*, 19(1): 26-43. ISSN 0864-151X.
- Jústiz, A. y González, C. (2018). Patrones sinópticos troposféricos asociados a los frentes fríos en el occidente de Cuba. *Rev. Cubana de Meteorología*, 24(2): 159-174. ISSN 0864-151X.
- Lapinel, B. (1988). La circulación atmosférica y las características espacio-temporales de las lluvias en Cuba. Tesis en opción del grado de Dr. en Ciencias Geog. Instituto de Meteorología, La Habana; 147 p. (inédito).
- Lecha, L. (1984). Principales características del clima de la región central de Cuba [en ruso]. Tesis en opción del grado de Dr. en Ciencias Geográficas. Instituto Geografía, AC URSS, Moscú, 132 p. (inédito).
- Lecha, L. y Llanes, A. (1988). "Características estacionales de la circulación atmosférica sobre Cuba". *Revista Cubana Meteorología*, 1(1): 49-56.
- Lecha, L., Morosov, V., Nieves, M.E. y Sardiñas, M.E. (1990). "La influencia anticiclónica continental sobre Cuba. Tipos de circulación asociados en superficie". *Rev. Cubana Meteorología*, 3(1): 26-41.
- Lecha, L., L. Sánchez, Y. Verdecia, E. Soler y A. Sánchez (2020): "Variabilidad de los tipos de situaciones sinópticas influyentes sobre el occidente de Cuba". *Rev. Cubana de Meteorología*, 26(2): 1-18. ISSN: 2664-0880.
- Meulenert, A. (1982). Los ciclones tropicales del océano Atlántico y su pronóstico [en ruso]. Tesis en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Geográficas, Servicio Hidrometeorológico de la URSS, Moscú, abril; 142 p.
- Ortiz, R. (1987). Reseña histórica de la Meteorología en Cuba. Ed. ACC, Conferencias y Estudios de Historia y Organización de las Ciencias, La Habana, 53; 13 p. ISSN 0864 - 1463.
- Patiño, D., Roque, A. y Soler, E. (2023). "EMA del pronóstico a corto plazo de la rapidez del viento para el parque eólico Gibara I según el TSS influyente". *Rev. Cubana de Meteorología*, 29(3): 1-10. ISSN: 2664-0880.
- Peña de la Cruz, A., Moya, A., Delgado, R., Hernández, C., Machado, A., Perigó, E. y Beltrán, L. (2013). Patrones sinópticos que generan lluvias intensas capaces de producir inundaciones en el municipio de Baracoa. *Rev. Cubana de Meteorología*, 19(2): 113-126. ISSN 0864-151X.
- Perdigón, J., Rodríguez, G. y Roque, A. (2012). "Condiciones sinópticas más favorables para el aprovechamiento de la energía eólica en Cuba. Período poco lluvioso". *Rev. Cubana de Meteorología*, 18(2): 243-258, ISSN: 2664-0880.
- Pérez, R., Vega, R. y Limia M. (2001). Los huracanes más intensos y desastrosos de Cuba en los últimos dos siglos. *Bol. SOMETCUBA* [en línea], 7(2), Art 3-1; 21 p.
- Pérez, R. (2006). Cronología de los Huracanes de Cuba. Probabilidad de afectación por huracanes en cada provincia de Cuba. Informe abreviado. Instituto de Meteorología, AMA - CITMA, la Habana, Cuba. 8 p. (inédito).
- Ramos, L.E. (2005). Instituto de Meteorología. Expresión de una ciencia en Revolución. Ed. Academia, La Habana; 263 p.
- Rodríguez, M., González, C. y Valdés, J. (1984). Cronología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde la temporada de 1916-1917 hasta la temporada de 1982-1983 (67 temporadas). *Rep. de Invest. Meteorológicas*, 9, INSMET; 15 p.
- Rodríguez, M. y Ballester, M. (1987a). Los "Sures" que han afectado a la mitad occidental de Cuba. Cronología Clasificada. En: *Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Sección VI: El Clima*. Ed. ACC - Cartográfica Española, S.A., La Habana - Madrid.
- Rodríguez, M. y Ballester, M. (1987b). Cronología de los huracanes que han afectado a Cuba en los últimos 200 años (1785-1984). En: *Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Sección VI: El Clima*. Ed. ACC - Cartográfica Española, S.A., La Habana - Madrid.

- Roura-Pérez, P., Sistach, V., Vega, R. y Alpizar M. (2018). Caracterización estadística climatológica de huracanes en Cuba durante el período 1791-2016. *Rev. Cubana de Meteorología*, 24(3): 304-312. ISSN 0864-151X.
- Rubiera, J.M. (1991). Pronóstico de precipitaciones en cinco días para Cuba. Tesis en opción del grado científico de Dr. en Ciencias Geográficas, Instituto de Meteorología, La Habana; 124 p.
- Sardiñas, M.E., Nieves, M.E., Lecha, L. y Morosov, V. (1990). "Características de la circulación atmosférica invernal influyente en los estados del tiempo". *Rev. Cubana de Meteorología*, 3(1): 76-86.
- Soler, E., Pérez, R., Borrego, R. y Pérez, D. (2017). Huracanes que afectaron a la Isla de la Juventud. Cronología desde 1791 a 2015. *Revista Cubana de Meteorología*, 23(2): 164-177. ISSN: 0864-151X.
- Soler, E., Lecha, L. B., Sánchez, L. M. y Verdecia Y. (2020). Catálogo de los Tipos de Situaciones Sinópticas que influyen sobre Cuba. Informe Científico Técnico, Instituto de Meteorología, 59 p.
- Soler, E., Sánchez, L. M., Lecha, L. B. y Verdecia, Y. (2021). "Los tipos de situaciones sinópticas que influyen sobre la mitad occidental de Cuba y su relación con la rapidez media del viento en La Fe, Isla de la Juventud". *Rev. Cubana de Meteorología*, 27(3): 14p. ISSN: 2664-0880.
- Soler, E., Sánchez, L. M., Verdecia, Y. y Lecha, L. B. (2022a). "Caracterización sinóptico-climatológica de la rapidez media del viento en la costa norte de la mitad oriental de Cuba". *Rev. Cubana de Meteorología*, 28(4): 1-11. ISSN: 2664-0880.
- Soler, E., Sánchez, L. M., Verdecia, Y. y Rojas, N. (2022b). "Probabilidades predominantes de ocurrencia de la rapidez del viento en la costa norte del oriente de Cuba". *Rev. Cubana de Meteorología*, 28(4), 15 p. ISSN: 2664-0880.
- Stanolevic, G. (2010). The Classifications of Atmospheric Circulation. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic"*, 60(2): 27-37.
- Trusov, I.I. (1967). Las precipitaciones en la Isla de Cuba. Ed. INRH, La Habana, 64 p., 9 mapas.
- Trusov, I.I., Izquierdo, A. y Díaz, L.R. (1983). Características espaciales y temporales de las precipitaciones atmosféricas en Cuba. Ed. Academia, La Habana; 162 p., 10 mapas.
- Yarnal, B., A. Comrie, B. Frakes y D. Brown (2001). "Developments and Prospects in Synoptic Climatology". *Intern. Journal of Climatology*, 21: 1923-1948.