

Variabilidad de los tipos de situaciones sinópticas influyentes sobre el occidente de Cuba

Variability of synoptic situation's types influencing on the western half of Cuba



<http://opn.to/a/NyJPC>

Luis B. Lecha-Estela ^{1*}, Luis Sánchez-Suárez ¹, Yuslandis Verdecia-Naranjo ¹, Edgardo Soler-Torres ¹, Almara Sánchez-Díaz ²

¹Centro Meteorológico Provincial de la Isla de la Juventud, Isla de la Juventud, Cuba.

²Centro Meteorológico Provincial de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba.

RESUMEN: El trabajo se fundamenta en la clasificación y análisis de los tipos de situaciones sinópticas influyentes sobre la mitad occidental de Cuba durante el período de 1971 a 2018, utilizando las bases metodológicas de la clasificación subjetiva propuesta por Lapinel (1987). Los datos se analizan a través de su comportamiento multianual, estacional y día tras día (interdiario), con el fin de conocer las posibles tendencias presentes en las series, así como las características y frecuencia de sus valores extremos. Fueron identificadas tendencias definidas en varios tipos y subtipos de situaciones sinópticas, tanto crecientes como decrecientes, evaluando su comportamiento mensual anómalo con respecto al promedio del período 1971-2000. También se analiza la variación estacional de los principales tipos y subtipos de situaciones sinópticas, lo cual permite señalar la ocurrencia de algunos cambios significativos en la duración de las estaciones climáticas del año en la región occidental de Cuba. La influencia de los procesos meteorológicos en la escala local o de impacto se analizó mediante el cálculo de los contrastes interdiarios de los diferentes tipos y subtipos, encontrando que la frecuencia anual de los cambios contrastante puede exceder el 10 % en la variabilidad de los tipos. Este resultado explica la acción potencial y predisponente de las condiciones meteorológicas influyentes en la ocurrencia de los efectos meteorotrópicos sobre la salud humana.

Palabras clave: tipos de situaciones sinópticas, cambios de tiempo, variabilidad de las condiciones meteorológicas, circulación general de la atmósfera, efectos meteorotrópicos.

ABSTRACT: The job is based on the classification and analysis of the types of synoptic situations influencing on the western half of Cuba in the course of the years 1971 to 2018. The subjective classification of synoptic situations proposed by Lapinel (1987) was applied. The analysis of weather types variability considered the multiannual, seasonal and day by day (inter-daily) characteristics, with the aim of knowing the possible presence of tendencies in the series, as well as the characteristics and frequency of their extreme values. Tendencies in the monthly anomalies of several types and subtypes of synoptic situations were identified, with regard to the mean behavior in the period 1971-2000. The seasonal variation of the main types and subtypes of synoptic situations also were analyzed, which allows indicating the adequate remark of some significant changes in the duration of climatic seasons during the year at the western region of Cuba. The influence of the meteorological processes in the local or impact scale was analyzed by means of the calculation of the inter-daily contrasts of the different types and subtypes, finding out that the more contrasting cases can exceed 10 % of the annual inter-daily variability of the weather types. This result explains the biotropical predisposition of contrasting weather changes to produce health impacts on the local population.

Key words: types of synoptic situations, weather changes, weather variability, general circulation of the atmosphere, meteor-tropic effects.

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

Recibido: 05/06/2019

Aceptado: 14/08/2019

INTRODUCCIÓN

La circulación general de la atmósfera se origina por la desigual distribución de la radiación solar que llega a la superficie terrestre, lo cual produce un mayor calentamiento de las zonas ecuatoriales y tropicales, con respecto a las latitudes medias y altas. En la búsqueda del equilibrio termodinámico del sistema, importantes cantidades de masa y energía se transportan latitudinalmente, en ambas direcciones, mediante los procesos de la circulación general de la atmósfera.

Debido a la rotación terrestre, cualquier fluido que se desplace horizontalmente sobre la superficie de la Tierra se desviará hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur, dando lugar a un patrón global de circulación mucho más complicado, que se debe conocer bien para comprender mejor la génesis de los macroprocesos atmosféricos y de los principales tipos de situaciones sinópticas.

La circulación general de la atmósfera (CGA) conforma el sistema fundamental del movimiento del aire en la troposfera, la estratosfera y en la baja mesosfera. Ella regula y explica todos los procesos generales, a escala global, que ocurren en la atmósfera, como un solo y gran sistema, jugando un papel cimero en la formación del clima de las diferentes regiones de la Tierra.

En la actualidad existe un nuevo contexto del clima mundial y regional, asociado a las propias actividades humanas, que demanda la actualización de los estudios climáticos precedentes, así como incorporar nuevos métodos y tecnologías para profundizar en la comprensión de las complejas interrelaciones que existen entre las diferentes escalas espacio-temporales en que se manifiestan los procesos de intercambio de masa y energía en la atmósfera, desde la escala de los macroprocesos globales y hemisféricos de la CGA hasta llegar a la génesis del estado del tiempo en la escala local.

En medio de estas escalas extremas están los procesos regionales que ocurren en la denominada “escala sinóptica” y que para facilitar su estudio y pronóstico se han clasificado de múltiples formas mediante “tipos de situaciones sinópticas”. Disponer de la climatología actualizada de los tipos

de situaciones sinópticas (TSS) es fundamental para conocer el clima de cada región y lugar, sus comportamientos extremos y es la mejor manera de analizar la variabilidad del clima en función de las distintas actividades del hombre.

El trazado y la configuración de las líneas isobaras, permite identificar en los mapas del tiempo las posiciones de los sistemas de altas y bajas presiones, las características de las masas de aire, ciclones, vaguadas y demás procesos meteorológicos que están presentes en una zona geográfica dada, en un momento específico.

Las observaciones meteorológicas se hacen cada 3 horas y en la práctica, se pueden hacer hasta 8 mapas del tiempo diarios. El análisis de la dinámica de cambio de los patrones isobáricos es lo que permite analizar y conocer cómo están cambiando las condiciones del tiempo en cada región específica. De ahí que la clasificación de los TSS constituye una necesidad para hacer la climatología de los procesos atmosféricos que influyen sobre una región o país. La forma más simple de clasificación es mediante la agrupación de los patrones isobáricos más parecidos que aparecen en los mapas del tiempo, uniendo los casos donde predominan estructuras y distribuciones semejantes de los procesos sinópticos.

Durante la década de los años 80 del pasado siglo, especialistas del Instituto de Meteorología (INSMET) utilizaron satisfactoriamente varios criterios subjetivos de clasificación de los TSS y realizan las primeras investigaciones básicas sobre las características de los procesos sinópticos que actúan como factores del clima cubano ([Lecha, 1984](#); [Fernández, 1987](#); [Lapinel, 1987](#)). Los primeros resultados nacionales sobre el tema aparecen en la sección VI del [Nuevo Atlas Nacional de Cuba \(1987\)](#).

En la década siguiente se publicaron nuevos resultados, contenidos en la tesis doctoral de [Rubiera \(1991\)](#) y en el artículo de [García et al. \(1991\)](#) que analiza las causas sinópticas de la prolongada sequía que afectó a Cuba en el período 1981-1986. [Fernández \(1992a y 1992b\)](#) elabora dos artículos que relacionan los procesos sinópticos

influyentes sobre Cuba con las precipitaciones del período poco lluvioso y con el comportamiento de las temperaturas extremas diarias del aire, respectivamente; enfoque que finalmente quedó recogido en un novedoso método para la clasificación de los procesos sinópticos objetivos (PSO) desarrollado por [Fernández y Díaz \(2005\)](#).

En los años más recientes, el autor y colaboradores han mantenido actualizada la clasificación diaria de los TSS propuesta por Lapinel, hasta completar el período 1971-2018, y por la forma larga y estrecha del país, se han tenido en cuenta las diferencias de los procesos sinópticos influyentes sobre las regiones occidental y oriental de Cuba.

El objetivo del presente artículo es analizar la variabilidad de los TSS influyentes sobre la región occidental de Cuba, determinar si existen tendencias en su comportamiento multianual, describir las principales características estacionales, las peculiaridades del contraste interdiario de los TSS, así como evaluar los vínculos potenciales entre los procesos sinópticos regionales y la ocurrencia de efectos meteorotrópicos diversos y generalizados en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los macroprocesos de la circulación general de la atmósfera constituyen un factor relevante en la definición de las características climáticas de Cuba ([Lecha, 1984](#)). Para el presente estudio se dispuso de la clasificación de los Mecanismos Elementales de Circulación (MEC) elaborada por [Kononova et al. \(2009\)](#), siguiendo los criterios propuestos por Dzerdzeevskii y con información diaria desde el año 1899 hasta el presente (120 años).

Como indica la [Fig. 1](#), los tipos de circulación en superficie se clasifican en cuatro estructuras básicas, atendiendo a la dirección predominante del flujo en la troposfera baja. Estos son: el flujo zonal, el flujo zonal perturbado y el flujo meridional norte o sur.

La clasificación actual de los TSS considera desde el punto de vista taxonómico cuatro grupos, ocho tipos y 19 subtipos. Los grupos comprenden los procesos sinópticos principales: anticiclónicos, ciclónicos, frontales y con débiles gradientes de presión. La descripción detallada de los tipos y subtipos se brinda en la [Tabla 1](#).

Los tipos I, II y VIII de la clasificación están asociados al grupo de los procesos anticiclónicos.

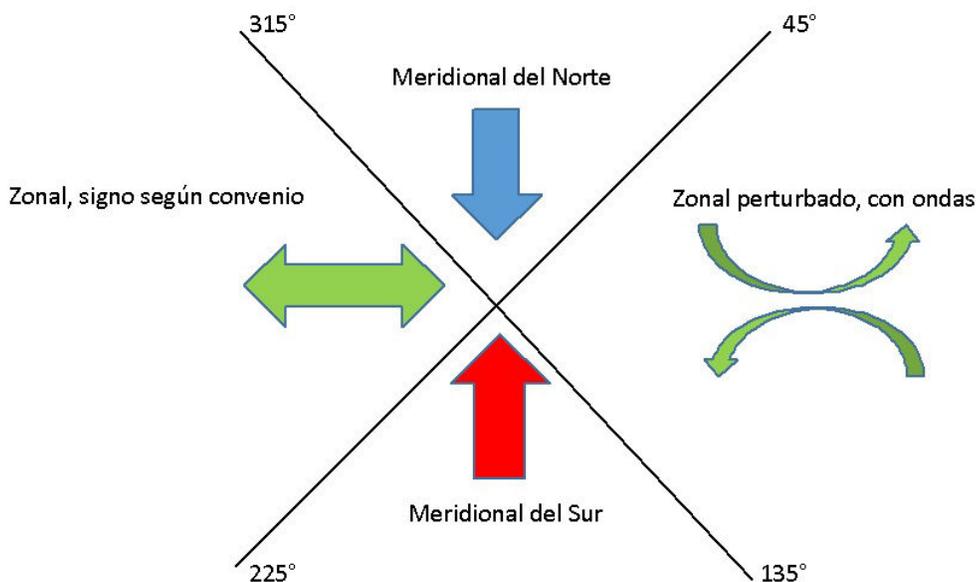


Figura 1. Esquema para la clasificación diaria del tipo de circulación

Tabla 1. Descripción de los tipos y subtipos de situaciones sinópticas.

Tipos	Subtipos	Descripción del Subtipo
I	1	Marcada influencia del anticiclón oceánico con flujo del primer cuadrante y centro extendido en forma de cuña sobre Cuba, el Golfo de México y áreas cercanas.
	2	Influencia anticiclónica oceánica con flujo del segundo cuadrante y centro cercano sobre el océano Atlántico.
II	3	Influencia de altas presiones oceánicas, con centro lejano en el océano Atlántico y flujo extendido no perturbado por la presencia de ondas y hondonadas.
	4	Influencia débil de las altas presiones oceánicas, con centro lejano sobre el océano Atlántico y flujo en superficie del segundo cuadrante al sur.
III	5	Situaciones de débil gradiente barométrico. No es apreciable la influencia de sistema sinóptico alguno.
IV	6	Influencia cercana o directa de ciclón tropical, incluyendo las bajas y depresiones tropicales, las tormentas tropicales y los huracanes.
V	7	Perturbaciones ondulatorias en el flujo básico de superficie. Ondas tropicales y hondonadas bien definidas en el flujo del Este.
	8	Zonas de convergencia, “squall-lines”, hondonadas, frontogénesis, frontolisis y otras cizalladuras del viento superficial dentro del flujo del Oeste.
VI	9	En el sector cálido, dentro de la circulación cerrada de una baja extratropical.
	10	En el sector frío, dentro de la circulación cerrada de una baja extratropical.
	11	Fuera de la circulación de la baja extratropical, con actividad prefrontal.
	12	Fuera de la circulación de la baja extratropical, sin actividad prefrontal.
VII	13	Frente frío clásico. Los vientos giran al norte en sentido levógiro.
	14	Frente frío revesino. Los vientos retroceden al norte en sentido contrario a las manecillas del reloj.
	15	Sistema frontal cuasi-estacionario.
	16	Sistema frontal en disipación.
	17	Anticiclón continental con centro sobre los EE. UU. o el Golfo de México. El flujo superficial del norte produce un fuerte transporte de aire frío hasta Cuba a través de La Florida.
VIII	18	Anticiclón continental, en proceso de transformación termodinámica, con su centro sobre la costa oriental de los Estados Unidos y flujo superficial de región nordeste.
	19	Anticiclón continental en avanzado proceso de transformación, con su centro sobre las aguas del Atlántico occidental y la dirección del flujo superficial es del este.
IX	20	Situaciones sinópticas indeterminadas

De ellos, los tipos I y II se corresponden con la influencia anticiclónica oceánica y el tipo VIII con la influencia de los anticiclones continentales migratorios.

El tipo III representa las situaciones sinópticas donde no se observa la influencia específica de un proceso meteorológico determinado (gradientes débiles). En el invierno y durante las épocas de transición estacional, es el TSS que precede al cambio de los procesos sinópticos tropicales a los extratropicales y viceversa.

El tipo VII comprende los cuatro subtipos frontales y los tipos IV y VI abarcan los TSS ciclónicos, asociados tanto a la influencia de los ciclones tropicales como a las bajas extratropicales propias del invierno.

Como sucede en la práctica con frecuencia, determinados procesos sinópticos no se ajustan a ninguna categoría o grupo de la clasificación adoptada, o bien en algunos días no es posible definir la influencia de alguna situación sinóptica

específica, por lo que se utiliza el tipo IX y el subtipo (20) para tales casos indeterminados.

Para la clasificación diaria de los TSS se utilizaron a través del tiempo varias fuentes de información: primero los mapas sinópticos, radioanálisis y estados generales del tiempo archivados en los Centros Meteorológicos de Villa Clara, Pinar del Río e Isla de la Juventud. Después se utilizó la base de datos digital con los mapas sinópticos elaborados por el Departamento de Pronósticos del Instituto de Meteorología, desde el año 2002 hasta el 2018; y recientemente, se elaboraron los mapas diarios de las 00 GMT con los datos de reanálisis disponibles en <http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/getpage.pl> para valorar las características de los procesos sinópticos influyentes sobre el país en los días con falta de información o para verificar algunos casos antiguos y los dudosos.

Los mapas sinópticos se elaboran cada seis horas, pero la clasificación de los TSS caracteriza un día completo, por lo cual el criterio de clasificación tuvo en cuenta la dinámica diaria de los procesos influyentes, seleccionando el tipo más representativo del día por sus efectos o por su mejor ajuste a los criterios de la clasificación subjetiva utilizada. Solamente unos pocos días no pudieron ser clasificados de primera intención por la falta absoluta de datos, problema resuelto al disponer de los datos de reanálisis para todo el período de trabajo.

La clasificación diaria de los TSS se organizó en los grupos, tipos y subtipos establecidos mediante las facilidades de proceso del tabulador digital Microsoft Excel (2019). De igual forma se obtuvieron los principales estadígrafos y se realizó el análisis temporal en busca de posibles tendencias en las series. Como elementos adicionales, se calcularon las anomalías mensuales de la duración de cada tipo y subtipo, expresada en días, así como las frecuencias de los contrastes interdiarios de los tipos y subtipos de situaciones sinópticas mediante la resta simple (hoy - ayer) de los códigos correspondientes.

Para los subtipos el máximo posible de la diferencia (hoy - ayer) es 18 y para ponderar la

intensidad de los cambios positivos y negativos de su variación interdiaria se consideró el criterio propuesto por Lecha (2017) y que se brinda en la [Tabla 2](#).

Nótese que la ponderación del cálculo es simétrica para los valores negativos y positivos, lo cual obedece a la conveniencia de estandarizar los resultados; aunque como una condición especial, cuando ocurre la influencia de ciclones tropicales se considera en todos los casos como un cambio interdiario de contraste fuerte.

Por último se exponen dos casos de estudio, donde se muestra una asociación directa entre la influencia de TSS específicos y la ocurrencia de efectos meteoro-trópicos notables asociados a extremos del régimen térmico que provocaron episodios diarios de mortalidad en exceso, definida por el número de personas que muere en un día, por encima del promedio diario más la desviación estándar de la mortalidad general del mes y lugar correspondiente.

Los resultados generaron una voluminosa cantidad de diagramas, tablas y otros materiales complementarios, de los cuales solo una parte se incluye en este artículo. La documentación completa se encuentra archivada en el Centro Meteorológico de la Isla de la Juventud

RESULTADOS

Uno de los primeros resultados del trabajo es que se encontró una relación específica entre los tipos de circulación, correspondientes a los macroprocesos de la circulación general de la atmósfera que influyen sobre la región americana del hemisferio norte, y las características de los tipos de situaciones sinópticas que influyen sobre la mitad occidental de Cuba.

Como se observa en la [Tabla 3](#), la circulación meridional predomina ampliamente en la muestra analizada con el 82.13 % de los días analizados, siendo la frecuencia del flujo meridional norte de 51.42 % y 30.71 % para el flujo meridional sur. O sea, la región se encuentra dentro de una zona de fuerte y persistente intercambio latitudinal de masa y energía, lo que explica la elevada variabilidad de los procesos climáticos que en ella tienen lugar, así

Tabla 2. Ponderación del contraste de la variación interdiaria de los subtipos.

TSS ayer	TSS influyente hoy																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0	1	2	3	4	18	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2	1	0	1	2	3	18	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
3	2	1	0	1	2	18	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4	3	2	1	0	1	18	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	4	3	2	1	0	18	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	6	5	4	3	2	18	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	7	6	5	4	3	18	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	8	7	6	5	4	18	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	9	8	7	6	5	18	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	10	9	8	7	6	18	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
12	11	10	9	8	7	18	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7
13	12	11	10	9	8	18	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6
14	13	12	11	10	9	18	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
15	14	13	12	11	10	18	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4
16	15	14	13	12	11	18	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3
17	16	15	14	13	12	18	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2
18	17	16	15	14	13	18	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1
19	18	17	16	15	14	18	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Sin Contraste  Débil  Moderado  Fuerte 

Tabla 3. Relación general entre los tipos de circulación y los grupos TSS.

Grupos de TSS	Códigos	Tipos de Circulación			
		Zonal	Zonal Perturbado	Meridional Norte	Meridional. Sur
Anticiclónicos	1	3.40	10.06	37.39	23.00
Ciclónicos	2	0.31	0.91	3.87	2.35
Frontales	3	0.45	1.33	5.94	2.67
Débil Gradiente	4	0.37	1.04	4.22	2.68
SUMAS		4.53	13.34	51.42	30.71

como la ocurrencia de importantes comportamientos extremos de las condiciones meteorológicas y procesos influyentes sobre el occidente de Cuba.

El tipo de circulación zonal apenas abarca el 17.87 % de los días del período, siendo

predominante la influencia del flujo zonal perturbado por la presencia de procesos ondulatorios, con el 13.34 % de los casos.

La distribución anual de los tipos y subtipos de situaciones sinópticas que influyeron sobre el

occidente de Cuba en el período 1971-2018 se muestra en la [Tabla 4](#).

La influencia cercana del anticiclón subtropical del Atlántico (subtipos 1 y 2) resulta la situación sinóptica dominante en el pleno verano (julio y agosto), con una frecuencia superior a 38 % y máximo de 48 % en julio. La influencia más lejana del anticiclón oceánico (subtipos 3 y 4) es alta en todos los meses del año, con frecuencias mensuales que oscilan desde 19 % en noviembre hasta 34 % en junio. Sumando las frecuencias de los TSS I y II en el trimestre junio - agosto se obtiene un predominio absoluto de los días con influencia anticiclónica oceánica en esta época del año, con valores de 61 %, 68 % y 59 %, respectivamente.

Otro proceso característico del verano es la influencia del subtipo 7 que incluye a las ondas tropicales clásicas, las hondonadas y zonas de convergencia en el flujo zonal este. Su mayor frecuencia se observa desde abril hasta noviembre, con un máximo anual en el bimestre julio-agosto, superior a 20 %. Sin embargo, este subtipo puede considerarse un caso particular de la influencia anticiclónica oceánica, por lo que sumando su frecuencia a la de los subtipos 1 a 4 se observa que el número total de días con influencia anticiclónica oceánica sobre el occidente del país llega a alcanzar más del 80 % del bimestre julio-agosto, siendo relevante este hecho en la definición de las

Tabla 4. Frecuencias (%) de los TSS influyentes sobre el occidente de Cuba.

Tipos	Subtipos	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	1	0	0	0	1	2	7	22	16	4	2	0	0
	2	4	4	3	7	13	20	26	19	8	2	2	4
Tipo I	Subtotal	4	4	3	8	15	27	48	35	12	4	2	4
	3	13	11	12	14	16	17	12	11	14	14	12	14
	4	8	9	12	11	16	17	8	13	15	9	7	6
Tipo II	Subtotal	21	20	24	25	32	34	20	24	29	23	19	20
Tipo III	5	4	5	5	7	9	8	7	8	16	10	6	5
Tipo IV	6	0	0	0	0	2	5	2	7	11	8	5	0
	7	0	0	0	1	5	17	20	22	17	9	3	0
	8	2	2	2	3	7	5	2	3	4	4	2	1
Tipo V	Subtotal	2	2	2	4	12	22	22	25	21	13	5	1
	9	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	11	3	3	3	3	2	0	0	0	0	2	3	3
	12	3	3	3	3	1	0	0	0	1	1	2	2
Tipo VI	Subtotal	7	8	8	7	3	0	0	0	1	3	7	6
	13	10	10	8	6	2	0	0	0	0	3	6	9
	14	2	2	1	1	0	0	0	0	0	1	2	2
	15	2	3	2	2	0	0	0	0	1	3	3	3
	16	2	3	2	3	2	1	0	0	1	3	3	3
TSS VII	Subtotal	16	18	13	12	4	1	0	0	2	10	14	17
	17	12	9	7	5	1	0	0	0	0	3	8	9
	18	20	20	22	18	9	1	0	1	3	14	20	22
	19	14	15	17	16	11	3	1	0	6	11	16	15
TSS VIII	Subtotal	46	44	46	39	21	4	1	1	9	28	44	46
	TOTAL	100											

características climáticas de este bimestre dentro del período más cálido del año.

Dentro del mismo grupo de los TSS representativos de la circulación anticiclónica, la influencia de los anticiclones continentales migratorios sobre el occidente de Cuba predomina con una frecuencia superior al 35 % en todos los meses del período poco lluvioso del año, o sea, desde noviembre hasta abril; y se observa más de 44 % de los días entre diciembre y marzo.

Los TSS característicos del grupo de circulación ciclónica se relacionan con procesos tropicales y extratropicales. La influencia de los ciclones tropicales (TSS IV) se presenta desde mayo hasta noviembre. Tienen su máxima frecuencia anual en septiembre con el 11 % de los días de ese mes, seguido por octubre (8 %), agosto (7 %), junio y noviembre (5 % cada uno).

En los años recientes se ha observado la ocurrencia sistemática de casos antes del inicio oficial de la temporada ciclónica que transcurre entre el 1 de junio y el 30 de noviembre, de manera que en la muestra analizada la frecuencia de mayo es equivalente a la del mes de julio, con 2 % cada uno. Esto permite sugerir que se adopte formalmente una extensión de la duración de la temporada ciclónica, incluyendo el mes de mayo en la misma.

Los ciclones extratropicales disminuyen su influencia notablemente en los años del presente siglo, aunque se observa un aumento de la frecuencia a partir del año 2014. Su marcha anual presenta valores mayores a 6 % en todos los meses del período poco lluvioso, fundamentalmente, por la ocurrencia de los subtipos 11 y 12. En el trimestre junio-agosto no se ha observado la influencia de este TSS sobre el occidente de Cuba en todo el período de casi 50 años analizado.

Otro grupo de procesos sinópticos característicos del invierno en Cuba son los sistemas frontales (TSS VII). Los sistemas frontales en su conjunto (subtipos 13 al 16) tienen frecuencias superiores al 10 % en todos los meses desde octubre hasta abril, con su máximo absoluto de 18 % en febrero. El frente frío clásico (subtipo 13) resulta el más frecuente en la muestra total, pero su frecuencia

anual está disminuyendo en los últimos años y en cambio: aumentan las frecuencias de los frentes revésinos, estacionarios o en proceso de disipación.

La influencia de las zonas de convergencia, los procesos de frontogénesis y otras zonas de cizalladura que ocurren en el seno del flujo zonal del oeste (subtipo 8) se manifiesta en todos los meses del año, con máximos entre 4 % y 7 % en los bimestres mayo-junio y septiembre-octubre, o sea en las etapas inicial y final del período lluvioso.

Los días con gradientes débiles (TSS III) también ocurren en cualquier mes del año, con máximos ligeramente superiores al 10 % en el bimestre septiembre-octubre, al final del período lluvioso, cuando la Zona de Convergencia Intertropical alcanza su máxima declinación estacional al Norte, se retrae el anticiclón oceánico y aún no llegan las masas de aire continentales propias del invierno.

En los meses del período poco lluvioso, este TSS se presenta, generalmente, durante el tránsito de los procesos sinópticos tropicales a extratropicales y viceversa, siendo precursor de los Sures asociados al desarrollo de bajas extratropicales que se forman en el Golfo de México. Su influencia muestra una sucesión regular y estable de anomalías positivas o negativas durante todo el período estudiado.

La variación multianual integrada de los TSS se muestra en la [Fig. 2](#). Como se observa, existe un predominio general de la influencia anticiclónica sobre el occidente de Cuba, alternando estacionalmente los períodos de influencia predominante oceánica o continental. En particular se destacan los años 1990, 2006 y 2009 con elevada frecuencia de los TSS I y II, al mismo tiempo que se identifican los años del período 1998-2002 con elevada frecuencia del TSS VIII.

El resto de los TSS considerados tienen sus peculiaridades específicas en el transcurso de la marcha multianual, aspectos que podrán estudiarse con mayor detalle en estudios posteriores más profundos y mejor documentados.

El análisis de las características climáticas de los TSS influyentes sobre la región oriental del país aún está en proceso. Los resultados preliminares muestran diferencias importantes con relación al

comportamiento de la región occidental, pues en la región oriental es notable el aumento de la influencia anticiclónica oceánica y de otros procesos tropicales, mientras que sucede una significativa disminución de la influencia de los procesos extratropicales, especialmente los frontales, sobre esta parte del país.

Variación multianual de los TSS

El número de días con influencia cercana del anticiclón oceánico sobre el occidente de Cuba (TSS I) muestra importantes anomalías positivas en los años del presente siglo, especialmente en el año 2006 y después del 2009 (Fig. 3); mientras que el número de días con influencia lejana del mismo sistema sinóptico disminuye en igual período,

especialmente a partir del año 2007 (Fig. 4). De este análisis comparativo resulta evidente que ha ocurrido un reforzamiento notable de la influencia del anticiclón subtropical del Atlántico sobre el clima de la región occidental de Cuba después del año 2006.

La duración mensual de la influencia anticiclónica continental (TSS VIII) tuvo anomalías positivas importantes durante toda la década de los años 90 del siglo XX y hasta el 2005. Sin embargo, en los años más recientes se aprecia un comportamiento alternativo, con varios períodos de anomalías negativas y otros con anomalías positivas, como sucede en el período 2011-2013 y desde el año 2017 (Fig. 5).

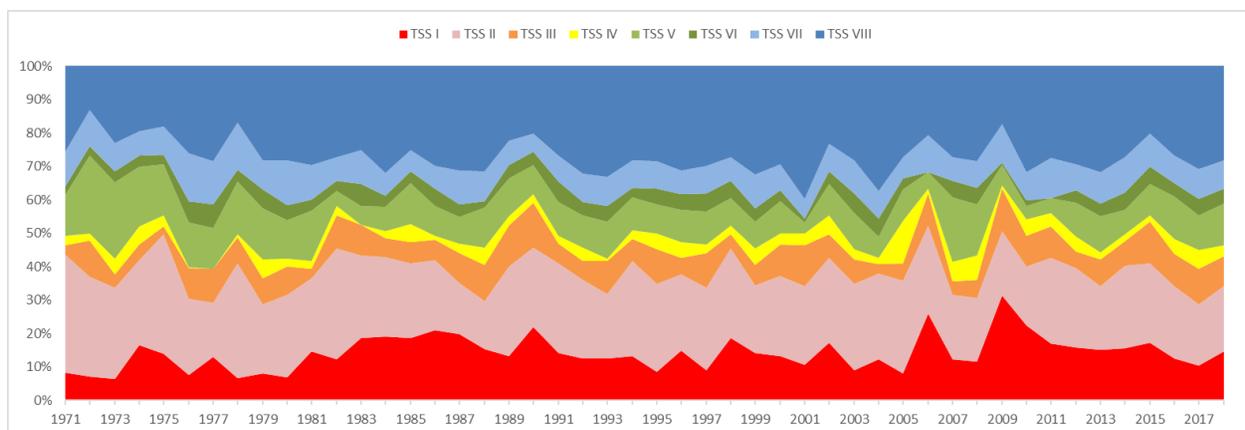


Figura 2. Variación multianual de los TSS influyentes sobre el occidente de Cuba.

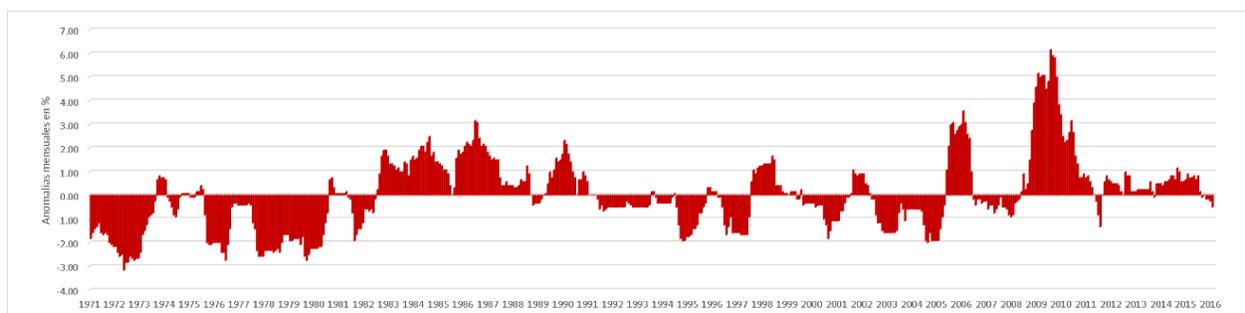


Figura 3. Anomalías mensuales de la duración del TSS I (influencia cercana del anticiclón oceánico) con relación al período 1971-2000.

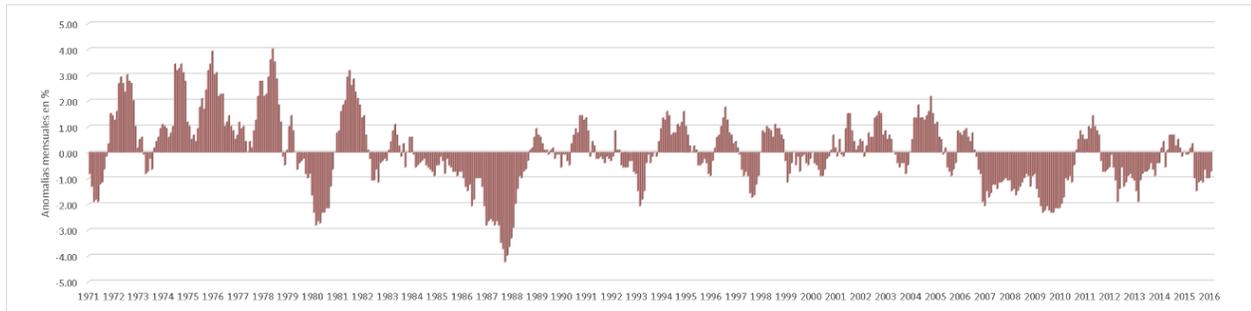


Figura 4. Anomalías mensuales de la duración del TSS II (influencia lejana del anticiclón oceánico) con relación al período 1971-2000.

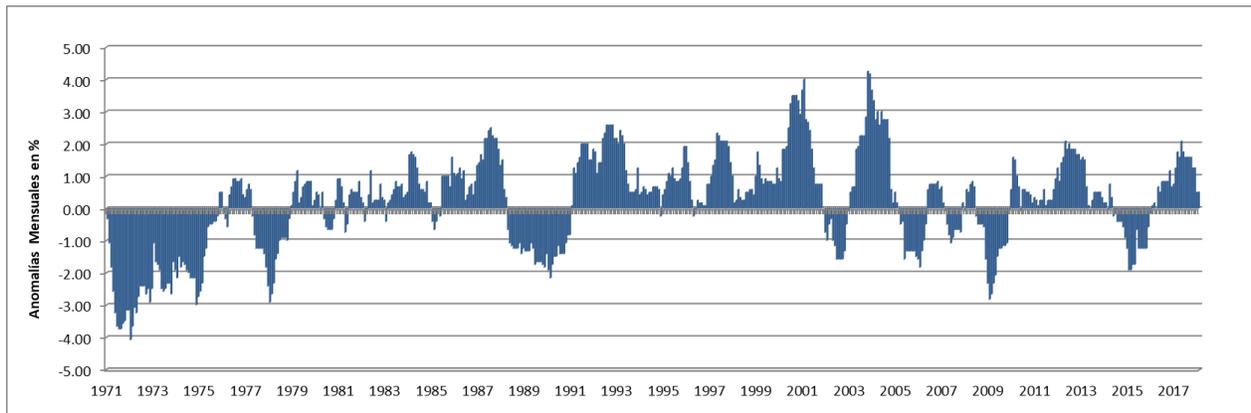


Figura 5. Anomalías mensuales de la duración del TSS VIII (anticiclón continental) con relación al período 1971-2000.

Al considerar la influencia total del grupo de influencia anticiclónica sobre la región occidental de Cuba, se observan secuencias de anomalías negativas progresivas, siendo más acentuado este proceso desde el año 2015 ([Fig. 6](#)).

Las anomalías mensuales del número de días con influencia de ciclones tropicales son mayormente positivas en el presente siglo, destacándose los máximos notables que ocurren en los años 2005 y 2008 ([Fig. 7](#)). Sin embargo, las anomalías mensuales de la duración de los ciclones extratropicales son negativas en los años del presente siglo XXI, especialmente en el 2006 y entre 2008 y 2013, período en que se observa un mínimo de influencia notable y sostenido ([Fig. 8](#)).

Al calcular las anomalías mensuales del grupo de los TSS ciclónicos, tanto tropicales como extratropicales, se obtiene una marcha multianual muy variable, con una sucesión notable de anomalías positivas y negativas, especialmente en los años transcurridos del siglo XXI ([Fig. 9](#)), en los cuales ha ocurrido mayor variabilidad de los procesos ciclónicos, con impactos importantes debidos a la influencia de huracanes frecuentes y de gran intensidad, así como de bajas extratropicales intensas y acompañadas de fenómenos hidrometeorológicos muy peligrosos.

Las anomalías mensuales de los procesos frontales muestran cambios importantes en su duración: los episodios de frío son menos

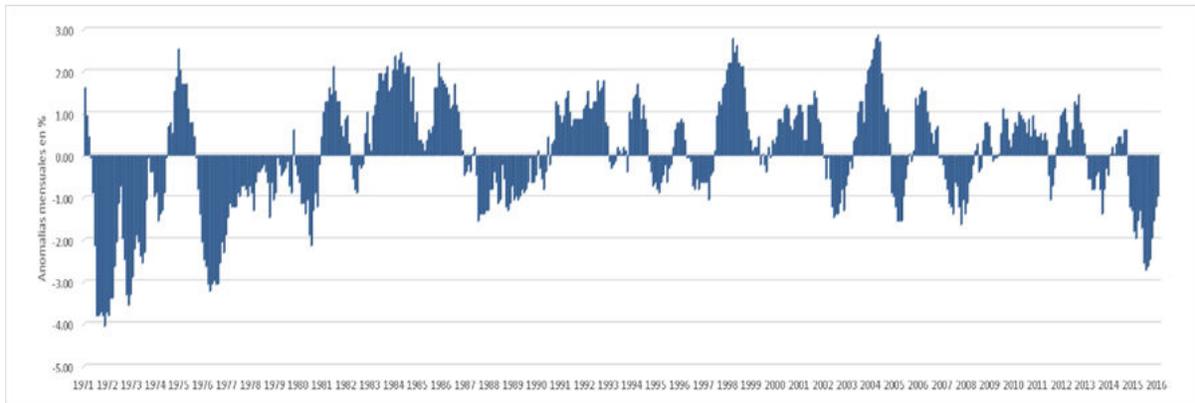


Figura 6. Anomalías mensuales de la duración total del grupo de circulación anticiclónica con relación al período 1971-2000.

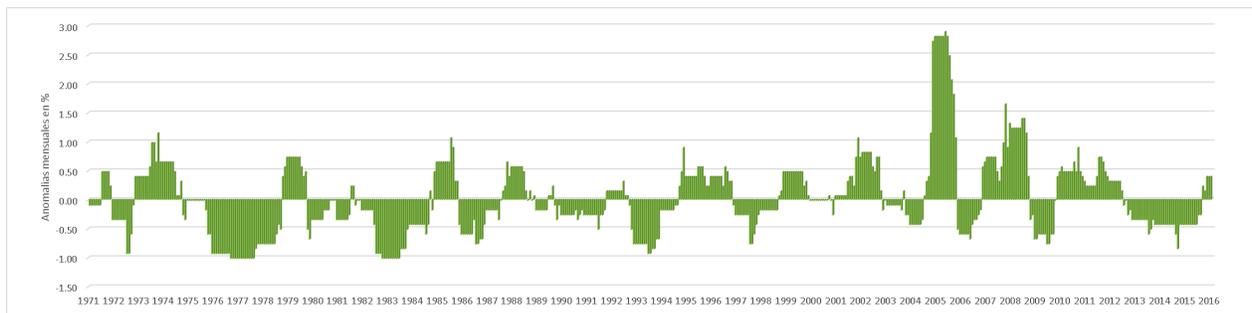


Figura 7. Anomalías mensuales de la duración del TSS IV (ciclones tropicales) con relación al período 1971-2000.

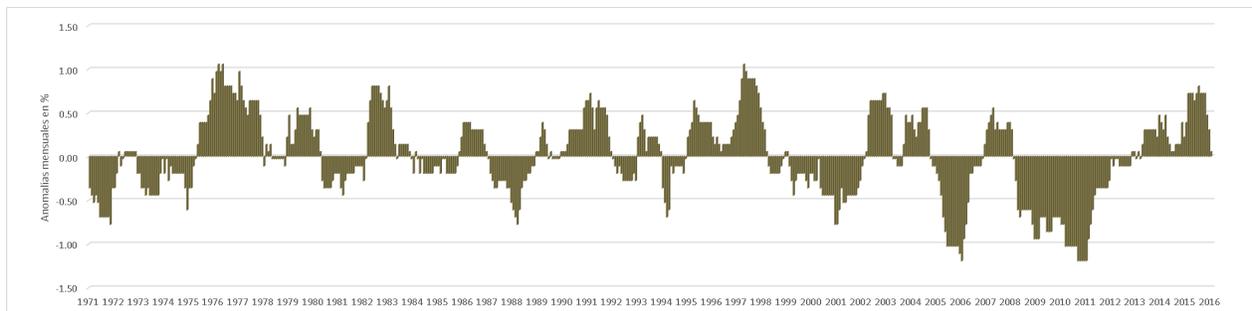


Figura 8. Anomalías mensuales de la duración del TSS VI (ciclones extratropicales) con relación al período 1971-2000.

frecuentes e intermitentes y la duración de la influencia del grupo de los TSS frontales se mantiene con anomalías negativas predominantes desde el año 1982 hasta el presente (Fig. 10), a lo cual se une la disminución progresiva de la intensidad de los frentes fríos que llegan al país.

La duración de los días con influencia del TSS V, característico de los procesos ondulatorios, muestra anomalías negativas en la mayor parte del período que empieza en 1983, con la notable excepción del año 2008 en que muestra marcadas anomalías positivas (Fig. 11). Nótese que este fue también el año de máxima actividad ciclónica sobre el país.

Finalmente, las anomalías observadas para la duración de los días con débil gradiente barométrico muestran un comportamiento periódico alternativo; aunque en los años del siglo XXI predominan las anomalías positivas, especialmente entre los años 2009-2012 y desde el 2015 hasta el presente (Fig. 12).

Un resumen cualitativo del comportamiento de las frecuencias mensuales observadas para cada TSS durante el siglo XXI con relación a los datos del período 1971-2000 se muestra en la [Tabla 5](#).

Variación anual de los TSS

La marcha anual de la influencia de los diferentes tipos de situaciones sinópticas que

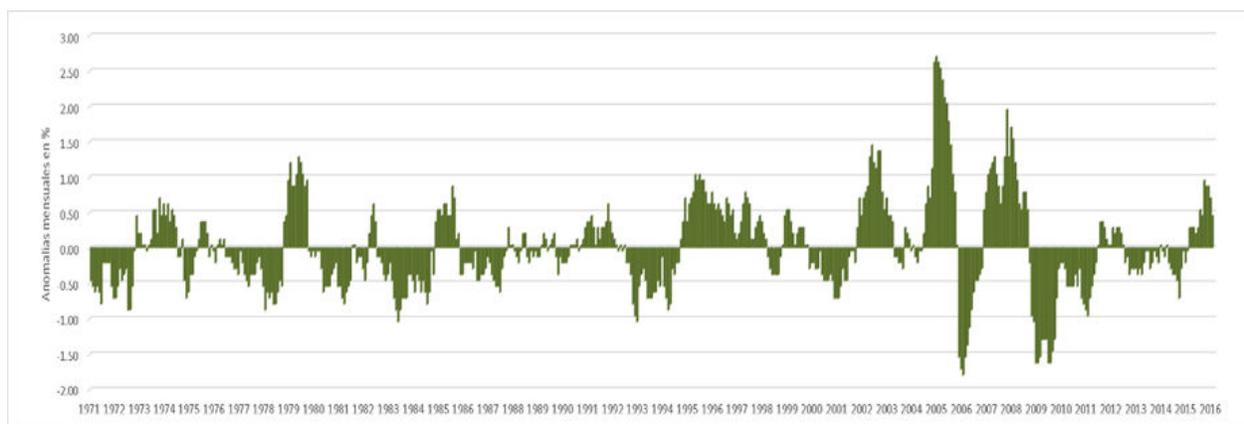


Figura 9. Anomalías mensuales de la duración total del grupo ciclónico con relación al período 1971-2000.

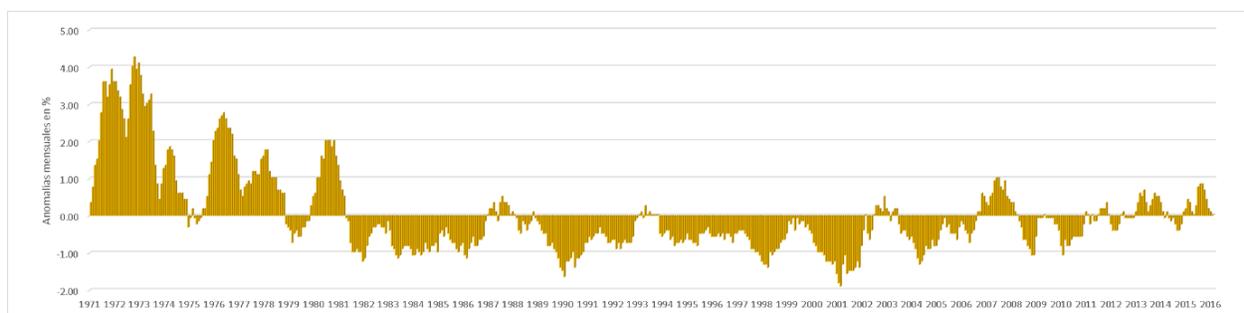


Figura 10. Anomalías mensuales de la duración total del TSS VII (subtipos frontales) con relación al período 1971-2000.

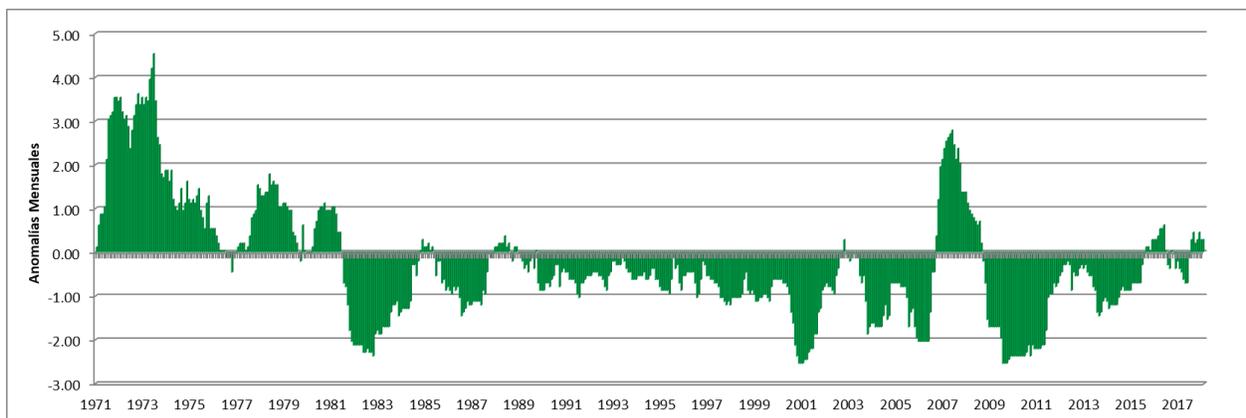


Figura 11. Anomalías mensuales de la duración total del TSS V (subtipos 7 y 8) con relación al período 1971-2000.

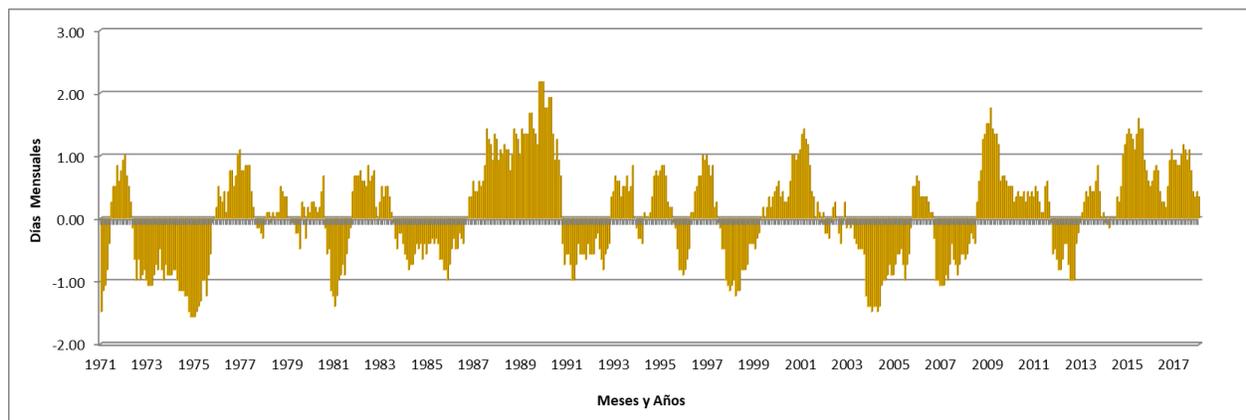


Figura 12. Anomalías mensuales de la duración total del TSS III (débil gradiente) con relación al período 1971-2000.

Tabla 5. Comportamiento de las frecuencias de cada TSS en el siglo XXI con relación a sus valores precedentes en el siglo XX.

TSS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Más		X			X	X									X		X	X	
Menos			X	X			X	X				X	X						X
Igual	X								X	X	X			X		X			

influyen sobre el occidente de Cuba se muestra en la [Fig. 13](#). Existe una clara variación estacional de las condiciones meteorológicas que justifica plenamente el cambio de los patrones de adaptación de la población local, por lo que no se puede dejar de tener en cuenta dicha peculiaridad en los estudios biometeorológicos nacionales

actuales y perspectivas, especialmente en el contexto de la creciente variabilidad del clima mundial. Por esta razón, con fines aplicados, resulta conveniente analizar la marcha anual de los diferentes subtipos.

La [Fig. 14](#) muestra las marchas anuales de los principales subtipos, destacándose el hecho de que

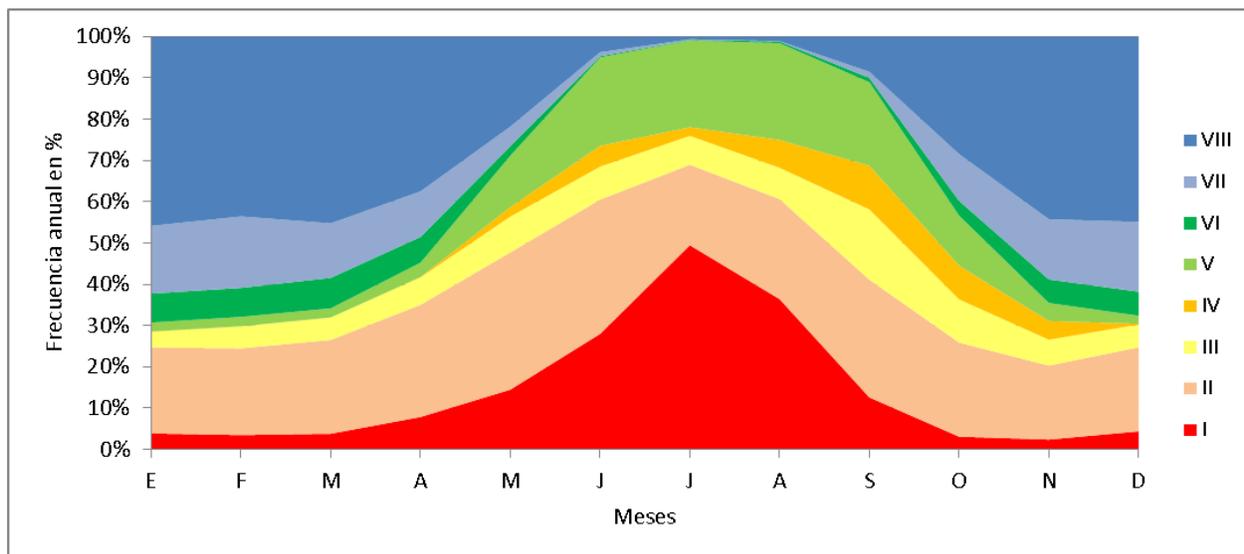


Figura 13. Marcha anual de los TSS influyentes sobre la región occidental de Cuba.

algunos tipos y subtipos muestran una marcada preferencia estacional en su influencia sobre el occidente de Cuba. En este caso se encuentran los subtipos 1 y 2 (TSS I) y el subtipo 6 que se corresponde directamente con el TSS IV, o sea, la influencia cercana del anticiclón oceánico y la ocurrencia de ciclones tropicales.

También el subtipo 7 dentro del TSS V, correspondiente a la influencia de ondas y hondonadas en el flujo superficial del este, muestra una marcada preferencia estacional por el período lluvioso o verano.

Otros procesos son característicos del período poco lluvioso o invernal, como sucede con los TSS VI, VII y VIII, en los cuales la frecuencia estival de todos los subtipos es nula o muy pequeña.

Por último hay tres subtipos que tienen una ocurrencia frecuente todo el año; aunque muestran un máximo de frecuencia bien definido en los períodos del tránsito estacional (Fig. 15).

La influencia lejana del anticiclón oceánico (TSS II) tiene dos máximos al inicio y final del período lluvioso, las situaciones caracterizadas por débiles gradientes de presión alcanzan su máxima frecuencia en el bimestre septiembre-octubre,

también al final del período lluvioso; mientras que el subtipo 8 del TSS V, correspondiente a la influencia de las ondas, hondonadas y zonas de cizalladura en el flujo del oeste tiene su máxima frecuencia en el bimestre mayo-junio, al inicio del período lluvioso.

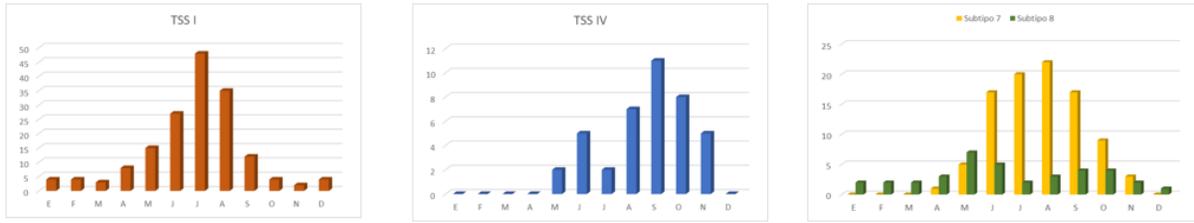
Variación interdiaria de los TSS

El análisis de la variación interdiaria de los TSS es muy importante en la escala de análisis sinóptico porque es la condición que mejor expresa las características del contraste en 24 horas de las condiciones meteorológicas influyentes sobre una región dada, o sea, constituye una medida objetiva y rápida de la cualidad, magnitud y extensión de los denominados “cambios de tiempo”.

A partir del cálculo del contraste interdiario de los tipos y subtipos de las situaciones sinópticas, según el criterio definido anteriormente, se logró estratificar las nuevas series y elaborar los diagramas de frecuencia correspondientes.

La cualidad del contraste se determina según estos sean negativos, nulos o positivos. Los cambios negativos se producen cuando la diferencia (hoy - ayer) de los códigos de los TSS

PROCESOS TROPICALES TÍPICOS DEL PERÍODO LLUVIOSO



PROCESOS EXTRATROPICALES TÍPICOS DEL PERÍODO POCO LLUVIOSO

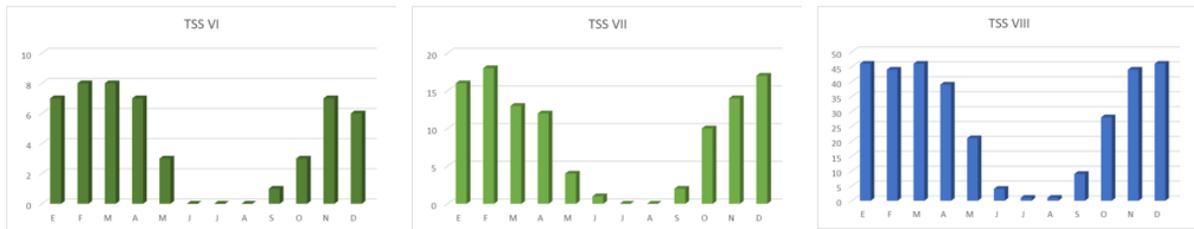


Figura 14. Marchas anuales de los TSS influyentes sobre el occidente de Cuba con marcada incidencia estacional durante el período 1971-2018.

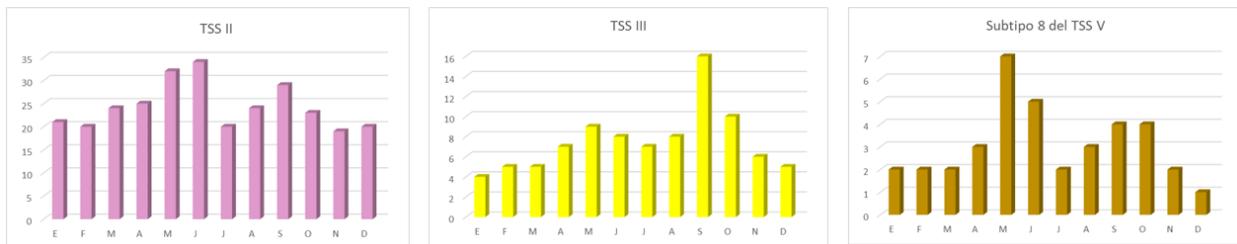


Figura 15. Marchas anuales de los TSS influyentes sobre el occidente de Cuba con máximos durante los tránsitos estacionales (1971-2018).

correspondientes resulta representativa del tránsito de un código alto a otro código más bajo, lo cual frecuentemente sucede cuando se produce el tránsito de un TSS extratropical a otro tropical, por ejemplo del tipo VIII (ayer) al tipo II (hoy), siendo el resultado del contraste equivalente a $2 - 8 = -6$.

Los contrastes nulos caracterizan la cualidad persistente de las condiciones meteorológicas influyentes sobre la región escogida; mientras que los contrastes positivos representan generalmente el tránsito inverso al primero, o sea cuando estos pasan de un código bajo (ayer) a un código alto (hoy), tránsito representativo del paso de procesos tropicales a extratropicales; aunque dicha

regularidad no es absoluta y pueden darse múltiples combinaciones interesantes y poco frecuentes, muchas veces asociadas a la ocurrencia de efectos meteoro-tropicos o de fenómenos hidrometeorológicos peligrosos.

La cualidad del cambio es un dato que debe tenerse muy en cuenta al analizar la variabilidad interdiaria de los TSS.

En primer lugar, según muestra la [Tabla 6](#), el comportamiento predominante de la variación interdiaria de los TSS es la condición persistente. Los cambios en 24 horas de los tipos de situaciones sinópticas no fueron contrastantes en el 52.68 % de

Tabla 6. Frecuencias en porcentaje, por intervalos, de la cualidad y magnitud del contraste interdiario de los tipos y subtipos de situaciones sinópticas.

TSS	Cambios Negativos			Sin Cambios	Cambios Positivos		
	Fuertes	Moderados	Débiles		Débiles	Moderados	Fuertes
Tipos	10.12	6.92	3.04	52.68	5.18	9.06	13.0
Subtipos	5.92	2.73	11.44	57.86	12.81	4.26	4.99

los casos y para los subtipos este porcentaje asciende a 57.86 %.

Aunque el análisis del comportamiento persistente de los TSS no ha terminado, se puede afirmar que han sido identificadas algunas secuencias muy persistentes de tipos y subtipos que alcanzan más de dos semanas consecutivas, generalmente asociadas a la influencia de altas presiones oceánicas o continentales.

Al analizar la intensidad del contraste interdiario para los ocho tipos principales de TSS, el máximo de frecuencia se observó en el intervalo de los contrastes fuertes, tanto para los cambios negativos como en los positivos, con magnitudes de 10.12 % y 13.0 %, respectivamente. Le siguen en frecuencia los cambios moderados y por último los débiles.

En el caso de los subtipos el comportamiento fue diferente. Ahora el máximo de frecuencia entre los casos contrastantes quedó comprendido en el intervalo débil, con valores de 11.44 % para los cambios negativos y 12.81 % para los positivos. Le siguen en orden descendente los cambios fuertes y por último los moderados.

DISCUSIÓN

Se sabe que los procesos de la circulación general de la atmósfera constituyen uno de los factores principales en la formación del clima local, pero hasta el presente no se disponía de evidencias para mostrar la importancia de los procesos sinópticos en el transporte de masa y energía que ocurre sobre la mitad occidental de Cuba, dando lugar a peculiaridades muy específicas al clima de esa región del país.

El 82.13 % de los días del período analizado fue clasificado bajo el tipo de circulación meridional. De ellos, 51.42 % correspondió al flujo meridional del norte y 30.71 % al flujo meridional del sur. O

sea, aún estando en el límite norte de la zona tropical, por su posición geográfica y por las características de los procesos sinópticos influyentes, la mitad occidental de Cuba se haya en un área de intenso intercambio entre latitudes bajas y medias, proceso que ocurre tanto en los meses del verano como durante el invierno.

La expresión en superficie de este intenso proceso de intercambio de masa y energía se manifiesta mediante varios TSS: en el verano se asocia al retraimiento del anticiclón oceánico, lo cual favorece el giro levógiro del viento al sudeste y sur sobre el occidente del país. Con frecuencia este comportamiento del anticiclón oceánico se asocia a la formación de áreas de bajas presiones en el Golfo de México. Los ciclones, tanto tropicales como extratropicales constituyen la segunda situación sinóptica que favorece el intercambio meridional sobre Cuba. Además, hay que considerar la influencia de los anticiclones continentales durante el invierno ([Fig. 16](#)).

En los niveles medios y altos de la troposfera sobre Cuba la ocurrencia periódica de potentes corrientes de chorro subtropicales contribuye, definitivamente, a este intenso proceso de intercambio meridional sobre el occidente del país. Este resultado ya había sido expuesto por [Lecha \(2018\)](#) en el contexto del monitoreo regional de los efectos meteoro-tropicos sobre Norteamérica y el Caribe.

Otro aspecto muy interesante de los resultados se manifiesta en el comportamiento multianual de algunas situaciones sinópticas. En primer lugar, el aumento de la frecuencia anual del TSS I en los años del actual siglo XXI, a cambio de la disminución de la frecuencia del TSS II, es muy representativo de la transformación que está ocurriendo en el clima de Cuba, dada por un

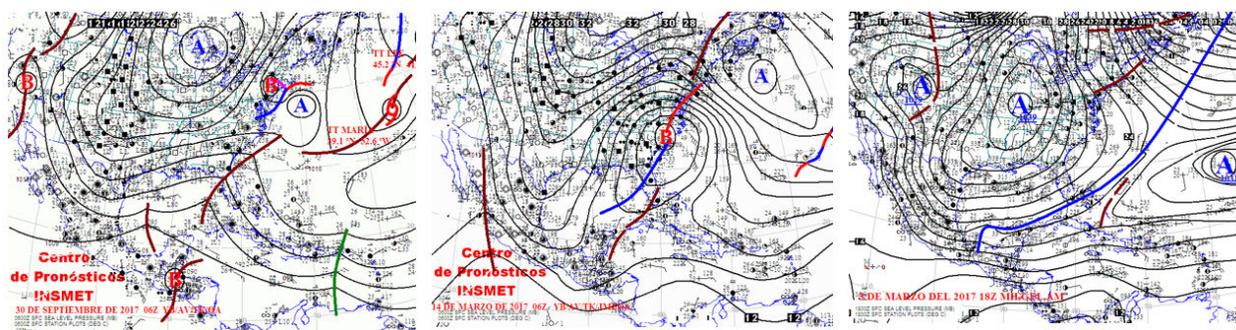


Figura 16. Ejemplos de situaciones sinópticas que favorecen el flujo meridional sobre el occidente de Cuba.

aumento lento pero sostenido de la temperatura del aire, la modificación de la duración de las estaciones, con un alargamiento del verano y mayor intermitencia de los episodios invernales, entre otras consecuencias bien descritas en el último informe de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

El aumento de la frecuencia de los días con influencia de ciclones tropicales sobre el occidente de Cuba es otra característica notable de la marcha multianual de los TSS estudiados. Este hecho ha tenido una importante repercusión socioeconómica sobre el país y ha obligado a realizar importantes gastos e inversiones en la recuperación de los daños extensos y cuantiosos provocados por el impacto frecuente de los ciclones tropicales sobre el país en los años del presente siglo XXI. También desde el 2013 está aumentando la influencia de los ciclones extratropicales con relación al comportamiento promedio del período 1971-2000, siendo el período 2013-2018 el tercero de mayor anomalía positiva observada desde el año 1971.

Notable es también la disminución de la frecuencia del tipo VII a lo largo del período estudiado; aunque en los subtipos de este grupo se observa un cambio importante, dado por la disminución de la frecuencia de los frentes fríos clásicos, a cambio del aumento de los frentes con muy poco movimiento o en estado de disipación que llegan a influir sobre el país.

En este contexto, la frecuencia anual del TSS III está aumentando notablemente desde el año 2008.

Este tipo de situación sinóptica, caracterizada por la presencia de débiles gradientes de presión resulta altamente meteorotrópica, tanto en verano como en invierno, por ser una condición meteorológica muy contrastante en cualquier época del año.

La variación estacional de los TSS es determinante en la definición cronológica de las épocas del año en Cuba. No se ha terminado todo el análisis de las características combinadas de las marchas multianual y estacional, por ejemplo, para conocer ¿cómo está cambiando la influencia de determinados TSS en determinada época del año y a través de los años del período estudiado?... Pero si resulta posible afirmar que la frecuencia de la influencia cercana del anticiclón oceánico está aumentando de manera significativa en los meses del pleno verano (junio-septiembre); mientras que la duración del período invernal está disminuyendo, no así la intensidad del impacto biotrópico de los frentes, seguidos de las masas de aire frío que llegan al occidente del país en esa época del año, el cual aumenta por la menor adaptación al frío de la población residente.

Por último, hay que señalar la importancia aplicada de analizar los contrastes interdiarios de los TSS, ya que los casos más contrastantes o más persistentes pueden estar asociados a efectos específicos sobre los seres vivos o sobre algunas actividades humanas, lo cual resulta especialmente válido para identificar y prevenir anticipadamente los efectos meteoro-trópicos.

Ya se dispone de resultados sobre los vínculos existentes entre los macroprocesos de la CGA, los

tipos de situaciones sinópticas influyentes y los contrastes de los TSS en su variación interdiaria, actuando como elementos predisponentes para la ocurrencia de efectos meteorotrópicos, pero por su interés específico, cantidad y diversidad serán presentados en trabajo aparte.

CONCLUSIONES

Se ha podido comprobar que existe una relación estrecha y subordinada entre los diferentes niveles de influencia de los procesos meteorológicos, actuando desde la escala global o hemisférica (los Mecanismos Elementales de Circulación), pasando por el nivel regional o la escala sinóptica (los grupos, tipos y subtipos de situaciones sinópticas), hasta llegar al nivel de impacto o escala local, donde se manifiestan los resultados integrados de este complejo proceso.

En cada uno de estos niveles de análisis comparativo, el estudio y comprensión de las variaciones espacio-temporales de los indicadores utilizados resulta esencial para comprender la génesis de los impactos sobre los seres vivos. Tanto las tendencias multianuales, como los cambios estacionales y los contrastes interdiarios notables de las condiciones meteorológicas influyentes pueden ser pronosticados, de manera que se puedan adoptar acciones preventivas eficaces ante la ocurrencia de efectos meteorotrópicos muy significativos sobre la sociedad y las actividades productivas.

Los resultados obtenidos tributan directamente a la mejor comprensión de la génesis del clima de la región occidental de Cuba y de todo el país, así como al perfeccionamiento de los sistemas de alerta temprana que contribuyen a enfrentar las consecuencias de la variabilidad incrementada del clima y del estado del tiempo.

REFERENCIAS

- Fernández, A. (1992a): Procesos sinópticos del período poco lluvioso y las precipitaciones diarias. *Rev. Cub. Met.*, 5, 2; 35-39.
- Fernández, A. (1992b): Los procesos sinópticos y el campo de las temperaturas extremas diarias. *Rev. Cub. Met.*, 5, 2; 51-62.
- Fernández, A.J. y Y.A. Díaz (2005): Catálogo de procesos sinópticos del archipiélago cubano en el período 1979-1993. Ed. CMP de Cienfuegos, Cuba; 167 p. ISBN 959-02-0355-8.
- García, O., G. Rubio y J.M. Rubiera (1991). Causas sinópticas de la sequía que afectó a Cuba desde 1981 hasta 1986. *Rev. Cub. Met.* 4, 1; 60-63.
- Kononova, N.K. (2009). Clasificación de los Mecanismos Elementales de Circulación del hemisferio norte [en ruso]. Ed. Inst. Geog. AC de Rusia, Moscú; 372 p.
- Lapinel, B. (1987). La circulación atmosférica y las características espacio-temporales de las lluvias en Cuba. Tesis de doctorado. Inst. Meteorología, La Habana; 147 p.
- Lecha, L. (1984): Principales peculiaridades del clima de la región central de Cuba [en ruso]. Tesis de doctorado. Inst. Geografía, Academia de Ciencias de la antigua URSS, Moscú; 153 p.
- Lecha, L. (1995). Una aproximación al pronóstico de algunas enfermedades del hombre a partir de predictores meteorológicos. *Medicentro*, 11, 2; 16-24.
- Lecha, L. (2018): Biometeorological forecasts for health surveillance and prevention of meteorotropic effects. *Int. Jour. Biomet.*, 62, 5; 741-771.
- Lecha, L. y A. Fernández (1994). Las precipitaciones diarias en la región central de Cuba y su relación con la influencia anticiclónica subtropical y el campo de viento dominante. *Rev. Cien. Tierra y Espacio*, 23-24; 73-83.
- Lecha, L., B. Lapinel y L.R. Paz (1994). El clima de Cuba. Ed. Academia, La Habana; 132 p.
- Nuevo Atlas Nacional de Cuba (1987). Los tipos de circulación de invierno y verano y su influencia sobre las condiciones del tiempo en Cuba. Sección VI: El clima y los recursos climáticos de Cuba. Ed. Cartográfica ICGC, La Habana - Madrid.
- 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.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Los autores de este trabajo declaran presentar una participación igualitaria en la concepción, ejecución y escritura de la investigación.

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/)