

Cambios en la posición e intensidad del anticiclón del Atlántico y modificación en el régimen de las lluvias en Cuba.

Autores: Cecilia Fonseca Rivera.

Centro del Clima, Instituto de Meteorología. E-mail: cecifon@met.inf.cu, fonsesua@yahoo.com

Resumen

En el presente trabajo se precisa sobre la relación existente entre las modificaciones de la posición, intensidad y morfología del anticiclón del Atlántico en las últimas décadas (1958-1998) y la ocurrencia de procesos de sequía significativos en Cuba, particularmente en la primera fase del período lluvioso. Un incremento de las alturas geopotenciales anuales en la región central del anticiclón y del espesor entre las superficies isobáricas de 925-700 hPa pudo apreciarse coincidentemente con el cambio observado en las anomalías de las temperaturas de la superficie del mar en la región Trópico a mediados de la década de los años 70 y la marcada polaridad entre los eventos ENOS antes y después de ese mismo período. Tomado de referencia el mes de junio, mes decisivo en la primera fase del período lluvioso, el análisis por niveles troposféricos bajos, medios y altos del sistema anticiclónico, reflejó cambios sustanciales en magnitud y morfología en el campo de geopotenciales a 500 hPa entre los períodos 1958-1976 y 1977-1998, destacándose un desplazamiento de la vaguada más hacia el oeste del Golfo de México durante el último período, mientras que a 200 hPa predominó una mayor influencia del anticiclón mexicano sobre Cuba. Finalmente, se examinaron estos elementos en niveles de referencia seleccionados de la tropósfera baja, media y alta en meses de junio con condiciones secas y húmedas a los efectos de valorar procesos circulatorios asociados a procesos de sequía de corto período.

Introducción

El Anticiclón Subtropical del Atlántico Norte, también conocido como "Azores-Bermudas", es un centro de acción cuasi permanente de circulación que domina en buena medida el tiempo y el clima en Norte América, el Caribe, el oeste de Europa y el noroeste de África. El archipiélago cubano, la mayor parte del año se encuentra bajo la influencia de este centro de acción cuyos cambios estacionales, que se reflejan en modificaciones de su posición, estructura e intensidad, provocan sustanciales variaciones en los diferentes elementos del clima, toda vez que a lo largo de sus límites se originan o inducen muchos disturbios de las corrientes básicas.

Estas modificaciones del anticiclón oceánico y su relación con las características atmosféricas en la región y en particular con el régimen de las lluvias en Cuba, han sido ampliamente abordadas con anterioridad, sin embargo, no agotan la riqueza de situaciones por explorar, particularmente cuando se vinculan con la ocurrencia de procesos significativos de sequía meteorológica.

Basado en lo anterior y teniendo en cuenta la importancia que tiene continuar esclareciendo las circunstancias o escenarios meteorológicos en que se producen estos indeseables sucesos, que por su negativo impacto sobre la economía, la sociedad y el

medio ambiente requieren ser debidamente estudiados, el objetivo de este trabajo fue explorar la relación existente entre las modificaciones de la posición, intensidad y morfología del anticiclón del Atlántico en las últimas décadas y la ocurrencia de procesos de sequía significativos. Además, identificar las modificaciones en las características del anticiclón, antes y después de la década de los años 70 sobre la base del comportamiento de distintos parámetros básicos seleccionados, vincular los cambios observados en la región central del anticiclón del Atlántico con las modificaciones en la influencia de este mismo sistema sobre la región geográfica de Cuba y finalmente relacionar las modificaciones encontradas en el anticiclón sobre la región geográfica de Cuba con cambios observados en las características de las lluvias, en particular con eventos de sequía de corto período.

Materiales y métodos

Para el estudio de los campos geopotenciales se utilizó la base de datos por puntos, seleccionados de una rejilla del sistema "The Grid Analysis and Display System" (GrADS), disponible en el sitio WEB del Centro de Predicciones Climáticas de Washington en los Estados Unidos, argumentada por Kalnay, E. y otros (1996), en los niveles troposféricos estándar de 1000 a 200 hPa, extraída para cada punto de una

rejilla con paso de 2.5° x 2.5° en un área geográfica definida por los paralelos 0° /60° N y los meridianos 120°/20° W y procesada con el mismo sistema GrADS desde 1958 a 1998.

Las series temporales de los geopotenciales medios en las áreas correspondientes a la región central del Anticiclón del Atlántico y la región geográfica de Cuba, se calcularon sobre la base de rejillas 12.5° x 22.5° (40 puntos de rejilla) confeccionadas para este fin. Para el análisis de las variaciones de la altura geopotencial en el centro anticiclónico en los niveles de 925, 850, 700 y 500 hPa, se seleccionaron aquellos puntos en los cuales su posición geográfica es representativa del centro anticiclónico en los niveles en cuestión.

Finalmente, se contó con la serie de datos de lluvia para Cuba elaboradas en el Centro del Clima para el período 1941-2000 sustentada en alrededor de 350 estaciones pluviométricas seleccionadas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) y el Instituto de Meteorología para determinar los procesos de sequía significativos en Cuba particularmente en la primera fase del período lluvioso.

Resultados

Modificaciones en las características del anticiclón del Atlántico, antes y después de la década de los años 70.

A los efectos de tener una visión global de los aspectos que más fuertemente pueden estar interconectados con las modificaciones del anticiclón del Atlántico y debido a la estrecha relación que guardan los fenómenos atmosféricos con los oceánicos, se exploró inicialmente el comportamiento de las temperaturas de la superficie del mar en la región tropical del Atlántico, y se relacionaron las coincidencias entre las principales anomalías observadas y la existencia de eventos ENOS tanto en sus fases cálidas como frías, debido al impacto de los mismos en las condiciones de circulación atmosférica sobre nuestra región geográfica, toda vez que pueden ejercer una

(a)

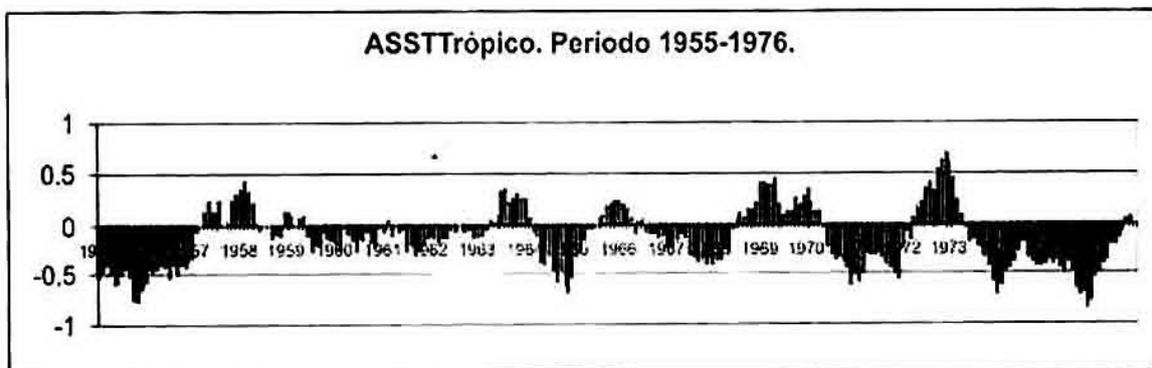
importante influencia o modificar, el comportamiento habitual del cinturón subtropical y en especial el anticiclón del Atlántico Norte.

Anomalías de las temperaturas mensuales de la superficie del mar en la región tropical.

La figura 1a muestra las acentuadas anomalías negativas de la temperatura superficial del mar existentes hasta 1957, probablemente asociadas al evento Niña 55-56, que modificaron su signo coincidentemente con el evento Niño 57-58 (moderado), observándose a partir del año 1959 un período de alrededor de 5 años (59-63) en el cual las anomalías presentaron magnitudes muy pequeñas (predominantemente negativas) hasta la ocurrencia del evento Niño 63-64 (débil). A partir de este evento, tienen lugar sucesivos períodos con anomalías positivas o negativas incrementadas, todos en correspondencia con la manifestación de eventos ENOS y AENOS, hasta el año 1976 (salvo los años 67-68).

Después del año 1977 (figura 1 b), se produce un período de anomalías positivas y negativas de pequeñas magnitudes (aunque predominantemente positivas), aún cuando tiene lugar el evento ENOS 77-78. Este período duró alrededor de 5 años (77-81) y a partir del mismo, salvo los años 84, 85 y 86, con anomalías negativas muy ligeras (no asociadas a ningún evento en particular) y los años 88-89, también con anomalías negativas ligeras posiblemente vinculadas al evento AENOS de estos mismos años, todo este período revela anomalías positivas, incluso muy marcadas, como lo fueron en los años con eventos Niño 82-83, 87-88 y 97-98.

Estas modificaciones de las ASST Trópico, se corresponden con los cambios observados alrededor de los años 70 en las anomalías de las temperaturas a nivel hemisférico y en particular con el incremento producido después de 1976, publicadas por el Hadley Centre, UK Meteorological Office and Climatic Research Unit, University of East Anglia y



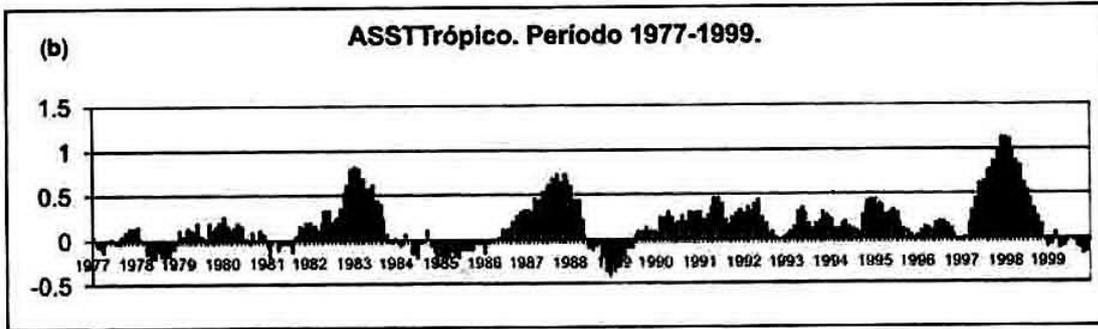


Fig. 1.- Anomalías de la Temperatura de la Superficie del Mar en el Trópico para el período 1955-1976 (a) y 1977-1999 (b).

referenciadas por el The Global Climate System Review, 1993. Además, el marcado cambio en las ASST a partir del año 1977, coincide plenamente con el período de cambios en las condiciones climáticas de Cuba señalado por Centella et al., 1998, lo que muestra la existencia de una fuerte asociación entre las mismas.

Este análisis conduce a valorar la existencia de una acentuada polaridad entre estos períodos relativa a la influencia de ambos eventos y como consecuencia, en los procesos energéticos que de ellos se derivan.

Geopotenciales en el nivel de 1000 hPa y espesor entre las superficies 925-700 en la región central del Anticiclón del Atlántico .

En estrecha relación con los cambios observados en las anomalías de la temperatura superficial del mar del Trópico antes descritos, se aprecia un incremento significativo de las alturas geopotenciales anuales (figura 2) y en el espesor entre las superficies isobáricas de 925-700 hPa (figura 3) en la región

central del Anticiclón del Atlántico Norte. Este último reveló que el incremento observado está claramente relacionado con el aumento en las alturas geopotenciales a partir de la superficie de 700 hPa hacia los niveles troposféricos medios y altos (figura 4). Este hecho es consistente con un proceso de calentamiento de la troposfera baja, cuyo origen pudiera estar influido en alguna medida por la actividad antrópica y con el calentamiento oceánico descrito anteriormente, dado el fuerte acoplamiento existente entre los sistemas océano-atmósfera.

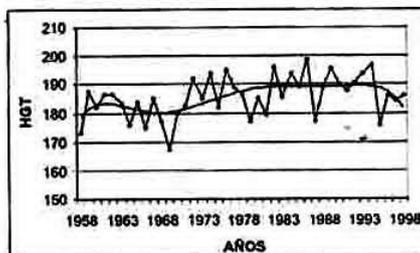


Fig. 2.- Comportamiento anual de la altura geopotencial a 1000 hPa en el centro anticiclónico para el período 1958-1998.

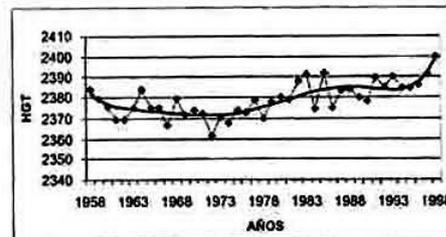


Fig. 3.- Comportamiento del espesor anual en la capa 925-700 hPa en la región del centro anticiclónico para el período 1958-1998.

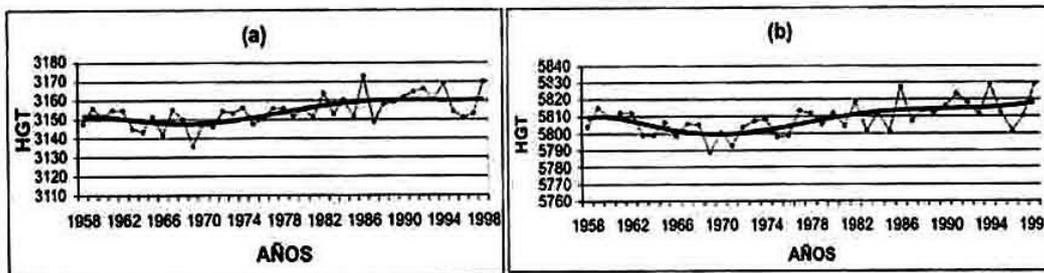


Fig. 4.- Comportamiento anual de las alturas geopotenciales a 700 hPa (a) y 500 hPa (b) en el Centro Anticiclónico para el período 58-98.

Así mismo, las anomalías del espesor 925-700 hPa estudiadas para los períodos anual y estacionales, a los efectos de disponer de un índice que relacione las temperaturas y los niveles analizados de la tropósfera baja donde se realizan los principales procesos vinculados con la lluvia, mostraron una respuesta similar a las ya discutidas.

Las anomalías anuales del espesor (Figura 5 a) se mantuvieron hasta 1970 alternando entre valores positivos y negativos, y posteriormente hasta los años 76-77, pasaron a valores predominantemente

negativos, seguidos por anomalías positivas caracterizadas por un incremento progresivo en sus valores. En los períodos estacionales poco lluvioso y lluvioso (Figura 5 b y c) se revela el gran aporte de este último a los valores anuales por la existencia de dos períodos claramente definidos, uno desde 1958-1978 con marcadas anomalías negativas y otro a partir de 1979 con acentuadas anomalías positivas. Sin embargo, en el período poco lluvioso, aún cuando alternan anomalías positivas y negativas, se observa un predominio de las positivas con valores muy incrementados al final del período.

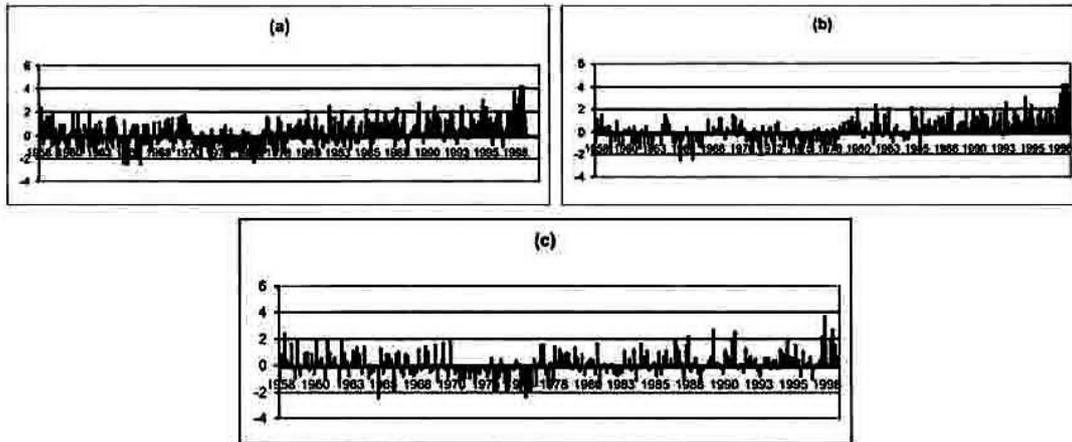


Fig. 5.- Anomalías del espesor de la capa 925-700 hPa en el centro anticiclónico para los períodos anual (a), lluvioso (b) y poco lluvioso (c).

Influencia anticiclónica subtropical y el comportamiento de las lluvias durante la primera fase del período lluvioso en Cuba.

Teniendo en cuenta la complejidad de los procesos asociados a los distintos sistemas atmosféricos que influyen sobre las lluvias en el archipiélago cubano y en particular la influencia del anticiclón subtropical del Atlántico, con la ocurrencia de déficit significativos en las mismas, se centró el análisis únicamente en el mes de junio como un mes de referencia sobre la base de utilizar períodos de tiempo convenientes para captar lo más fielmente las probables relaciones

causa-efecto y considerando que es el mes más significativo dentro de la primera fase del período lluvioso tanto por su peso en los acumulados de dicha estación como por los persistentes déficit que ha manifestado.

Los meses de junio con déficit significativos seleccionados (Tabla 1) constituyen meses en que el trimestre abril, mayo y junio también resultó seco (1973, 1981, 1998) lo que permite asumir la existencia de procesos circulatorios asociados a eventos de sequía de corto período (SCP). Así mismo, con el fin de disponer de una representación en la estructura vertical de la tropósfera, fueron seleccionados como niveles de referencia de la tropósfera baja, media y alta, los niveles de 1000, 500 y 200 hPa respectivamente.

Tabla 1. Procesos de SCP para Cuba. Los números indican los acumulados de las lluvias en rangos deciles

Año	A	M	J
1973	2	2	1
1981	2	4	1
1998	1	2	1

Campo de geopotenciales medios por períodos (1958-1976 y 1977-1998).

El nivel de 1000 hPa, reflejó que el Anticiclón del Atlántico no presentó modificaciones morfológicas apreciables entre ambos períodos y su posición central permaneció sin cambios. No obstante, durante el período 58-76 la altura geopotencial sobre la región central del anticiclón alcanzó cerca de 8 metros geopotenciales (mgp) más que en el período 77-98. Sin embargo, sobre Cuba en el primer período la isohipsa dominante fue la de 132 mgp, mientras que en segundo alcanzó 136 mgp. Este ligero incremento pudiera estar relacionado con una influencia mayor de la actividad anticiclónica continental en este mes, debido a un final más tardío de los procesos invernales. Debe destacarse, que el gradiente a este nivel entre el centro anticiclónico y Cuba en el período 58-76 es mucho más acentuado (Ver figura 6). La Figura 7 a y b muestra el comportamiento histórico de

las alturas geopotenciales en 1000 hPa y sus tendencias, tanto sobre Cuba como en la región central del anticiclón.

En el nivel de los 500 hPa, si bien tampoco se produce un cambio sustancial en la posición central del anticiclón a este nivel de uno a otro período, sí se producen cambios de interés tanto en magnitud como en morfología sobre toda el área o faja de altas presiones, de manera que en el período 77-98 el centro anticiclónico presenta no menos de 4 mgp más que durante el período 58-76; por otra parte, en este último período, la mayor influencia de la cuña anticiclónica sobre Cuba se refleja con una altura geopotencial de más de 6 mgp con respecto al período anterior y al mismo tiempo la vaguada al occidente de Cuba, se presenta más desplazada al oeste de su posición media histórica, mientras el anticiclón mexicano que muestra también mayor vigor, presenta correspondientemente alturas que rebasan 4 mgp respecto al período 58-76. (Figura 8). La Figura 9 a y b muestra el comportamiento histórico de las alturas geopotenciales en 500 hPa y sus tendencias, tanto sobre Cuba como en la región central del anticiclón.

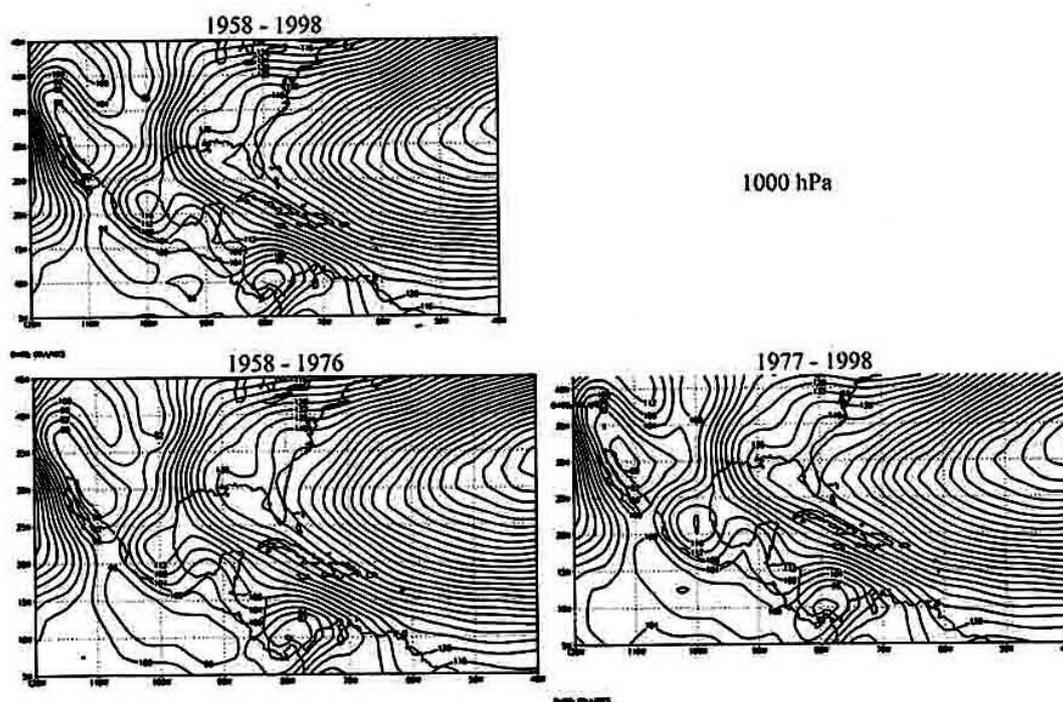


Fig. 6.- Mapas medios de altura geopotencial en el mes de junio a 1000 hPa para los períodos 1958-1998, 1958-1976 y 1977-1998.

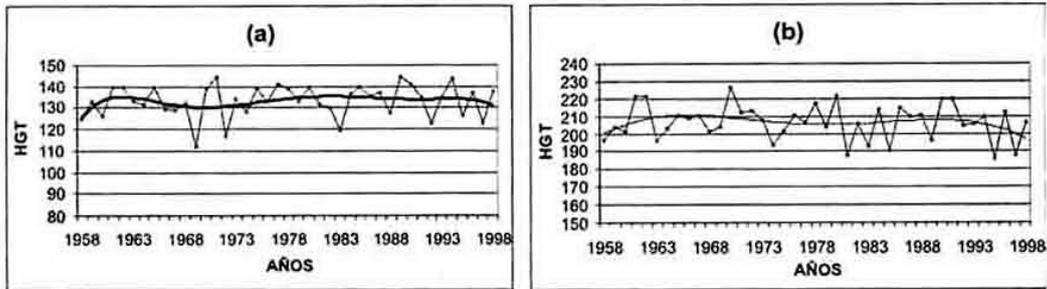


Fig. 7.- Comportamiento histórico de las alturas geopotencial a 1000 hPa sobre Cuba (a) y el Centro Anticiclónico (b) durante el mes de junio en el período 58-98. La Curva suavizada representa un filtro binomial de 6 puntos.

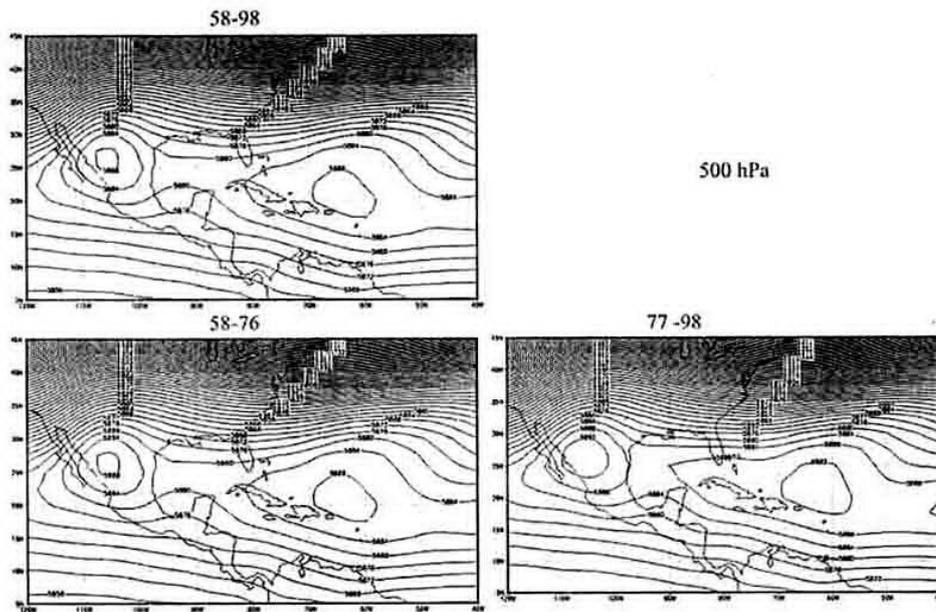


Fig. 8.- Mapas medios de altura geopotencial en el mes de junio a 500 hPa para los períodos 1958-1998, 1958-1976 y 1977-1998.

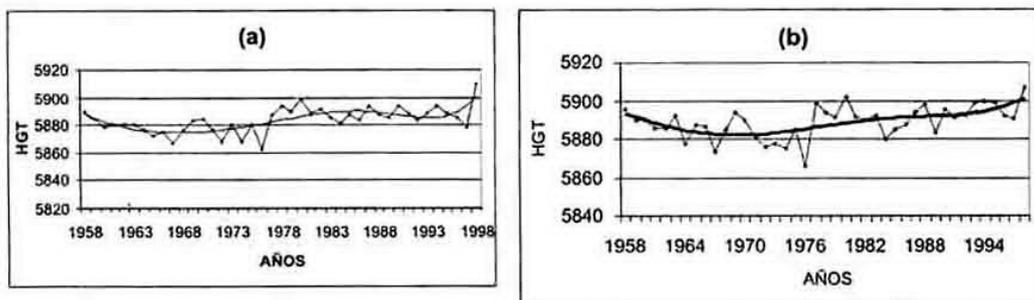


Fig. 9.- Comportamiento histórico de las alturas geopotencial a 500 hPa sobre Cuba (a) y el Centro Anticiclónico (b) durante el mes de junio en el período 58-98. La Curva suavizada representa un filtro binomial de 6 puntos.

En los 200 hPa las configuraciones predominantes no presentan cambios de un período a otro. Sin embargo, en el período 58-76 sobre Cuba domina la isohipsa de 12400 mgp, mientras que en el período 77-98 domina la de 12430 mgp, producto de una

mayor contracción de los oestes a este nivel e intensificación y expansión del anticiclón mexicano. Además, en este último período, es posible advertir que sobre Cuba el campo geopotencial ha ganado ligeramente una mayor componente del norte (figura 10).

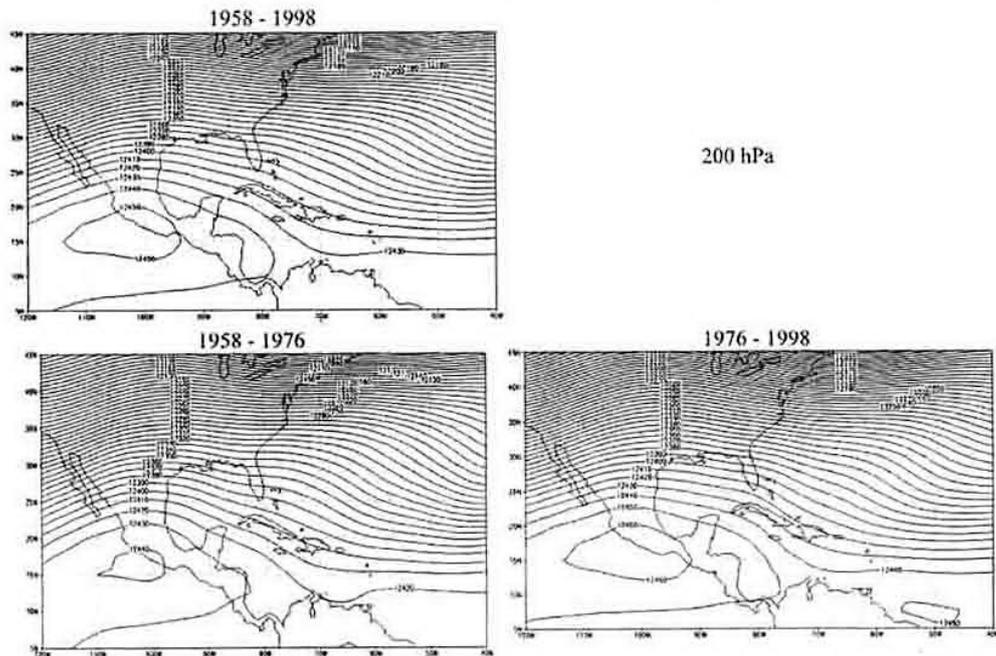
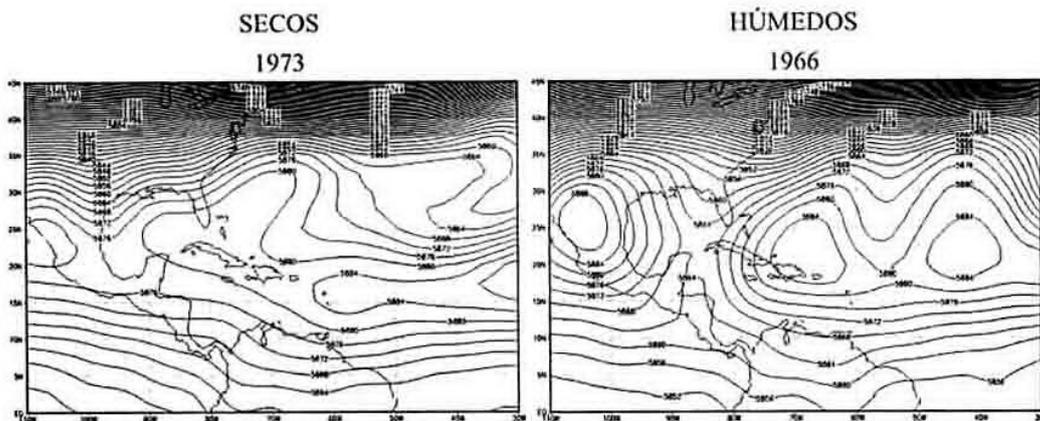


Fig. 10.- Mapas medios de altura geopotencial en el mes de junio a 200 hPa para los períodos 1958-1998, 1958-1976 y 1977-1998.

En el análisis de los meses de junio seleccionados con déficit significativos, como factor común se aprecia, que la posición del centro anticiclónico varió notablemente de las condiciones secas a las húmedas (Figura 11) y en correspondencia la vaguada que normalmente se establece en la región central del Golfo de México (Lapinel, et al., 1988) se desplaza más hacia el occidente en los meses con condiciones

secas, reflejándose simultáneamente un centro anticiclónico sobre Cuba, que puede estar asociado a diferentes características de origen. En los meses de junio con condiciones húmedas, este patrón cambia sustancialmente y la vaguada se localiza bien estructurada al oeste de la porción más occidental del país y el centro anticiclónico oceánico se mantiene alrededor de su posición media histórica.



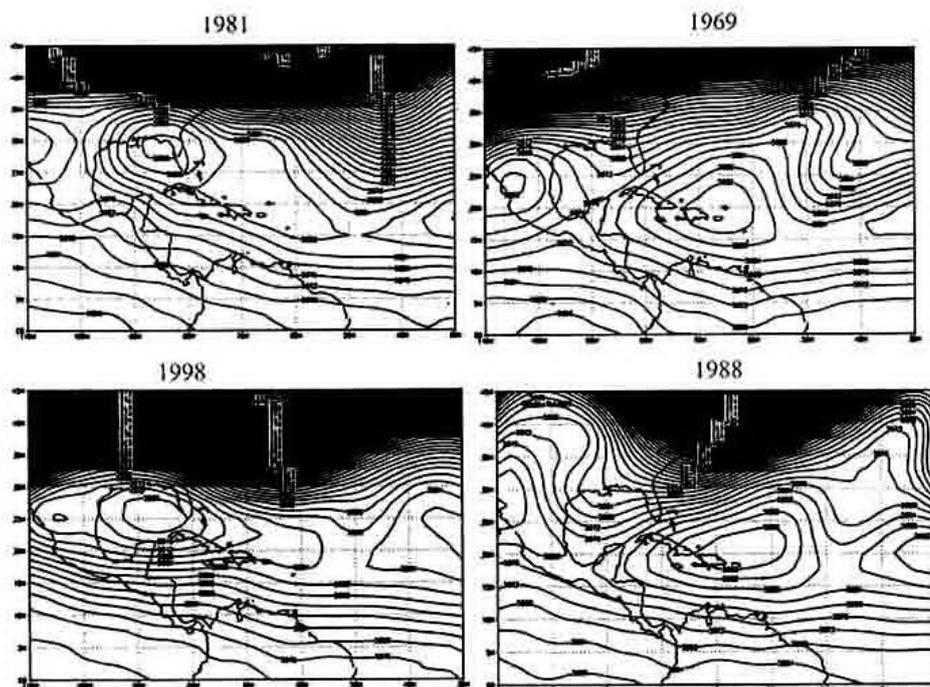


Fig. 11.- Mapas medios de altura geopotencial a 500 hPa para junios secos 1973, 1981, 1998 y húmedos (1966, 1969 1988).

Estos cambios del anticiclón oceánico sobre el área, en los meses de junio con déficit y excesos significativos de lluvia, pudieron apreciarse también a través de los cortes en la latitud de referencia para Cuba (22.5° de latitud Norte) en la superficie de presión de 500 hPa (figura 12) que indican nítidamente las características

de distribución del campo geopotencial para las condiciones secas y húmedas, las cuales se diferencian por la posición de los máximos y mínimos respecto a la longitud que abarca Cuba (-85 y -75° Longitud Oeste) vinculados a las posiciones que en cada caso adoptan los centros anticiclónicos y la vaguada.

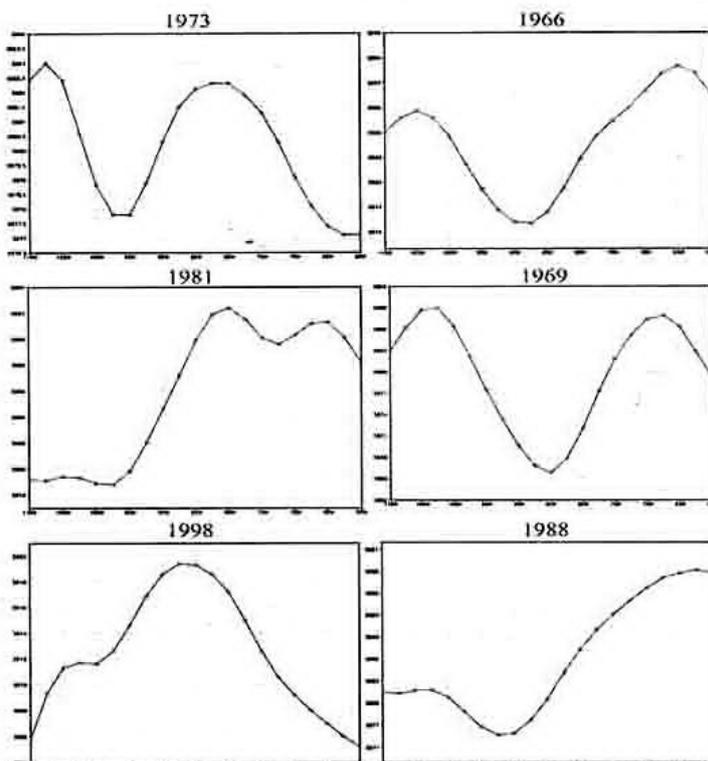


Fig. 12.- Corte latitudinal en 22.5° latitud norte -110° -60° longitud oeste del comportamiento de la altura geopotencial a 500 hPa para junios secos (a) y húmedos (b)

El corte del geopotencial medio valorado para los períodos 58-76 y 77-98 en 22.5° Latitud Norte (Figura 13), muestra un mayor alejamiento de la vaguada de la región occidental de Cuba en el período 77-98, un significativo aumento en las magnitudes de las alturas geopotenciales y el reflejo de una buena estructura anticiclónica secundaria

sobre nuestra región, lo que juega adecuadamente con las configuraciones vistas en los mapas correspondientes para los casos secos y húmedos, de hecho se convierte en un patrón típico de estos casos, es decir, la configuración de los meses de déficit con las del período 1977-1998 y las del lluvioso con el 1958-1977.

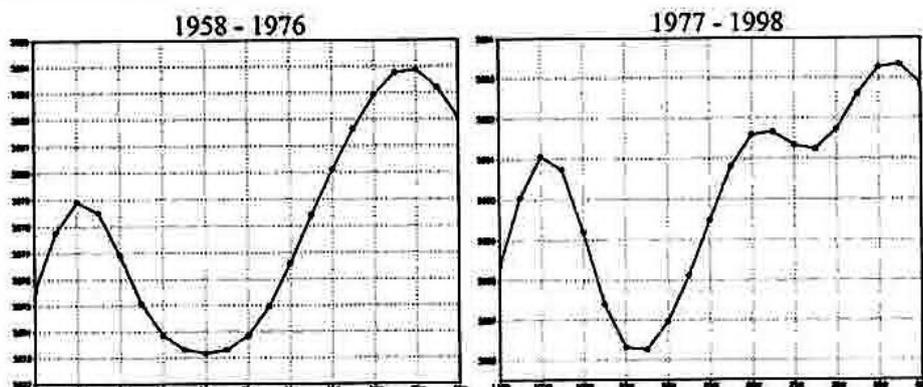


Fig. 13.- Corte latitudinal en 22.5° latitud norte -110°-60° longitud oeste del comportamiento de la altura geopotencial a 500 hPa para los períodos 1958-1976 y 1977-1998.

Estos últimos elementos se corresponden con el hecho de un aumento de los junios con déficit moderados y severos, (ver tabla 2.) que ha hecho pensar en un corrimiento de las características estacionales (Lapinel, et al., 1993).

Tabla 2. - Déficit en los acumulados de las lluvias para Cuba en el mes de junio durante el período 1958-1976 y 1977-1998.

Déficit en los acumulados de las lluvias en el mes	1958 - 1976	1977 - 1998
Débil	3	5
Moderada	6	3
Severa	-	5
Total	9	13

Conclusiones

Se comprobó la existencia de un cambio en las anomalías de la temperatura superficial del mar en el trópico a partir del año 1977, coincidente con el período de cambios observado sobre las condiciones climáticas en Cuba y con la marcada polaridad existente entre los períodos 1958-1976 y 1977-1998 relativa a la influencia de los eventos ENOS (fases cálidas y frías), todo lo cual evidencia el incremento significativo que se produjo en las alturas geopotenciales medias anuales en la región central del anticiclón del Atlántico a partir de la década de los años 70. Así mismo, se comprobó la existencia de una significativa relación entre los cambios observados en las características del anticiclón del Atlántico y los procesos de sequía básicamente en la primera fase del período lluvioso en Cuba.

A partir de mediados de la década de los años 70 se produjo un predominio de las anomalías positivas, con un aumento progresivo de sus magnitudes tanto en la marcha anual como en el período lluvioso, en el espesor entre las superficies 925-700 hPa, así como

un incremento de éste en el mes de junio en la región del centro anticiclónico oceánico en superficie relacionado con el aumento de las alturas geopotenciales a partir de este último nivel en dicha zona, fenómeno también advertido a estos mismos niveles en las localizaciones que adopta el centro anticiclónico en cada uno de ellos.

En junio, si bien no se observaron cambios sustanciales en posición y morfología en el sistema anticiclónico oceánico a 1000 hPa de uno a otro período, en el nivel medio troposférico de 500 hPa, aunque tampoco se produce un cambio sustancial en la posición central del anticiclón, sí se producen cambios de interés tanto en magnitud como en morfología sobre toda el área o faja de altas presiones. En el nivel alto de 200 hPa las configuraciones de uno a otro período no mostraron fuertes cambios, pero sobre Cuba se observó una mayor influencia del anticiclón mexicano, reflejada con un incremento de 30 mgp.

Se observó un aumento significativo en los valores del espesor en la región geográfica de Cuba con una clara tendencia al aumento del mismo en ambas

regiones alrededor de los años 70, lo que se verificó con las tendencias observadas en las alturas geopotenciales en estas mismas regiones. Este comportamiento se corresponde inobjetablemente a incrementos de la temperatura en la capa analizada. Así mismo, este hecho es consistente con un proceso de «calentamiento» de la troposfera baja cuyo origen pudiera estar influido en alguna medida por la actividad antrópica y pudiera estar estrechamente vinculado además con el proceso de calentamiento oceánico descrito. En este sentido hay que recordar que existe un fuerte acoplamiento entre los sistemas océanos atmósfera que de alguna manera deberá reflejarse en estos resultados.

Finalmente se comprobó que en el mes analizado la posición del centro anticiclónico varió significativamente de las condiciones secas a las húmedas, siendo posible advertir el desplazamiento de la vaguada, más hacia el occidente en los meses con condiciones secas, reflejándose simultáneamente un centro anticiclónico sobre Cuba, que puede estar asociado a diferentes características de origen. Estas mismas características tienen su reflejo en los períodos analizados, correspondiéndose las condiciones secas con el período 77-98 en el cual se han producido mayores déficit en los acumulados de las lluvias para Cuba.

Referencias bibliográficas

Asnani, G. C., 1992: Tropical Meteorology. WMO. Vol. 1. 603 pp.

Centella A., et al. 1995: Variaciones del Clima en Cuba y su Monitoreo. Centro del Clima, Instituto de Meteorología, Cuba

IPCC, 1993: Hadley Center, UK Metereological Office and Climatic Research Unit, University of East Anglia.

Kalnay, E. y otros: 1996: The NCEP/NCAR 40 year Reanalysis Proyect. Bulletin of the American Met. Soc. 77 No. 3 pág. 437-471.

Kousky, V. and Ropelewski, Ch. 1997: NCEP/ Climate Prediccion Center ATLAS No. 3. Centro de Predicción Climática (CPC). 135 pp.

Lapinel B., et al. 1988: La Circulación Atmosférica y las Características Espacio Temporales de las Lluvias en Cuba.

Naranjo, L. 1998: Cronologías de ENOS y AENOS desde 1883 hasta la fecha (inédito). Centro del Clima, Instituto de Meteorología, Cuba.

Naranjo, L. y Centellas, A. 1999: Mecanismos de Circulación de la Atmósfera en la América Tropical. Informe Científico Centro del Clima INSMET.

Riehl, H. 1954: Tropical Meteorology. McGraw-Hi;; Book Conpany, INC. 392 pp.

Suárez, I., et al. (1989): Anticiclón del subtropical del Atlántico Norte. Revista Cubana de Meteorología, Vol. 2 No. 1. Pág. 50-53.

Vannnitsen, S. Y Demarés, G. 1991: D'etecion et modellization des. Secheresses eu Sanes. Hydrologic Continentale. Vol. 6. No. 2. Pág. 155-171.

Abstract

The relationship between the modifications of the Atlantic Anticyclone position, intensity and morphology in the last decades (1958-1998) and the occurrence of significant drought processes in Cuba, particularly during the first months of the rainy period are presented in this paper. In middle of the seventy decade had been registered in the central region of the Atlantic Anticyclone an increment in the height of the annual geopotential curves with an increasing of the depth among the 925-700 hPa isobaric surfaces, coinciding with changes in the tropical sea surface temperature anomalies and a relevant polarity between ENSO phenomena presented before and after this decade. Considering that June is a decisive month in the Cuban rainy period, this month is taking as reference to analyse the anticyclonic system in his low, medium and top tropospheric levels. This analysis demonstrate the occurrence of remarkable changes in the magnitude and morphology of the 500 hPa geopotential curves during the periods 1958-1976 and 1977-1998, standing out a movement of the trough toward the west of the Gull of Mexico. On other hand, over Cuba was observed most influence of the Mexican Anticyclone at the 200 hPa level. All those elements were examined in selected levels for the low, medium and top trophosphere, taking into account dry and wet conditions in June with the purpose to evaluate the effects of circulatory processes in the short processes of drought.