

Características troposféricas del viento zonal y meridional sobre el área geográfica de Cuba

Tropospheric characteristics of zonal and meridional wind on the geographical area of Cuba

Lic. Adrián Miró González | adrianmirogonzalez@gmail.com | UM 1779, FAR

Recibido: octubre 30 de 2014; aceptado: febrero 4 de 2015.

Resumen

La presente investigación está dirigida a determinar el comportamiento de las componentes zonal y meridional del viento en la troposfera entre los niveles de 925 hPa y 100 hPa para el período 1971-2000, tanto estacional (mayo-octubre, noviembre-abril), como mensual. Además, en cada perfil estacional se identifican los niveles de presión donde se producen los cambios de signo en las componentes zonal y meridional del viento en el área comprendida entre los 6° y 95° W y los 5° y 30° N. Con miras al análisis de las componentes del viento zonal y meridional, se escogió un paso de rejilla de 5°x5°, con lo cual la región quedó dividida en 35 retículas de referencia. La base de datos empleada está integrada por los valores de las componentes zonal y meridional del viento desde 1948 hasta 2010, en los niveles troposféricos de 1 000 hPa, 925 hPa, 850 hPa, 700 hPa, 600 hPa, 500 hPa, 400 hPa, 300 hPa, 250 hPa, 200 hPa, 150 hPa y 100 hPa (doce niveles de presión en la altura), los cuales caracterizan el comportamiento del viento en cada nivel seleccionado. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: se realizó una climatología de las componentes zonal y meridional del viento para

1971-2000; se constituyeron los mapas regionales con los perfiles verticales de las componentes zonal y meridional en el período de estudio, tanto estacional, como mensualmente; con la norma 1971-2000, se determinó el comportamiento climático de LDZ y LDM en la región de estudio; y se estableció una extensa base de datos, muy útil para el trabajo climático.

PALABRAS CLAVE: Viento zonal, viento meridional, climatología, Cuba.

Abstract

This research is aimed at determining the behavior of the zonal and meridional wind components in the troposphere from the level of 925 hPa to 100 hPa in the 1971-2000, both seasonal (from May to October, November to April) and monthly. Also it identified the pressure levels where the sign changes of the zonal and meridional components in each seasonal profile in the geographic region between 600 and 950 west longitude and 5° and 30° north latitude. To analyze the wind components and a 5° x 5° grid step was selected and the region being divided into 35 grids reference. The

database used is formed by the values of the zonal and meridional wind components from 1948 to 2010, in troposphere levels of 1 000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150 and 100 hPa (12 pressure levels in height), which characterize the behavior of the wind at each selected level. The results obtained were as follows: a climate of zonal and meridional wind components for 1971-2000 was made; regional maps with the vertical profiles of the zonal and meridional components in the study period, both seasonal and monthly were formed; with the 1971-2000 norm, climate behavior LDZ and LDM in the study area it was determined; and an extensive database was established, very useful for climate work.

KEYWORDS: Zonal wind, southern wind, climatology, Cuba.

Introducción

El comportamiento del clima en un lugar dado depende de la incesante búsqueda de un equilibrio entre distintos procesos interactivos: radiativos, hídricos, energéticos y atmosféricos (Lecha *et al.*, 1988), así como determinadas afectaciones anómalas en cierta región, relacionadas con sucesos acaecidos en otras partes del planeta. Una de las variables meteorológicas más vinculadas con estos procesos es el *viento*: el desplazamiento del aire, por la diferencia de presión, con respecto a la superficie terrestre; este viaja desde las zonas de altas presiones hacia las de bajas presiones. Para caracterizar el viento se utilizan la *velocidad* y *dirección*; la velocidad es la intensidad con la que este sopla y la dirección es desde dónde sopla.

La *circulación general de la atmósfera* (CGA) es la circulación planetaria de los vientos, y desempeña un papel cimero en el clima de las diferentes regiones del planeta como un solo y gran sistema (Justiz, A., 2010). Otra definición de CGA más escueta provie-

ne de Lecha, *et al.* (1994) cuando plantean que es el patrón de todos los fenómenos atmosféricos. Uno de los precursores foráneos en el estudio de la CGA fue Riehl (1954), quien precisó a la línea divisora entre los vientos del este y el oeste en la troposfera media como una guía aproximada de los límites geográficos entre las latitudes medias y la zona tropical. Posteriormente, Riabchikov, A. M. (1976) plantea que de acuerdo con las zonas béricas, cerca de la superficie terrestre surgen zonas de vientos dominantes: el transporte oriental entre los trópicos (alisios), el transporte occidental en las zonas templadas y el transporte oriental en las zonas polares. En la década subsiguiente, Tarakanov, G. (1980) describió el campo de vientos de la zona tropical y destacó tres zonas principales: a) zona de los alisios del hemisferio boreal, b) zona de los alisios del hemisferio austral y c) zona de los vientos de la hondonada ecuatorial o zona de transición entre los vientos alisios mencionados. Asimismo, durante quince años, Kidson, J. (1988) analizó espacial y temporalmente el viento zonal en el nivel de 500 hPa, y obtuvo índices de referencia sobre las anomalías de su componente que caracterizan la circulación en el continente australiano.

En Cuba, varios autores han estudiado y estudian el comportamiento del viento; por ejemplo, Vázquez, E. (1939) demostró que la *línea de discontinuidad zonal* (LDZ) tiene un tránsito sobre el territorio cubano de forma tal que se desplaza primero hacia el norte y luego regresa desplazándose hacia el sur; y precisa, además, que esta desempeña un papel importantísimo en las trayectorias de los ciclones tropicales. Posteriormente, Lapinel, B. (1988) profundizó en las características generales y variaciones medias temporales verticales de las líneas de discontinuidad zonal y meridional sobre Cuba, vinculando su comportamiento con la presencia y la frecuencia de las diferentes situaciones sinópticas que transitan sobre el territorio en las distintas estaciones del año. De igual modo, Lecha, *et al.* (1988) brindan una visión

detallada del comportamiento de los vientos troposféricos sobre Cuba utilizando las estaciones agrológicas de Guantánamo y Cayo Hueso, tomadas como representativas de las mitades oriental y occidental del archipiélago cubano. En este trabajo se revela que la frontera entre las componentes zonales del viento del este y el oeste, en superficie, pueden encontrarse sobre Cuba en ciertos períodos dentro de los meses invernales, y se demuestra la influencia de la circulación extratropical sobre el clima cubano en el período poco lluvioso, cuando el país se encuentra sometido al efecto de los sistemas frontales y anticiclones continentales fríos, típicos de esta época del año.

Algunos estudios realizados por Roque, *et al.* (1998) plantean que la influencia estacional en el comportamiento de las componentes del viento determina las características del flujo de vapor de agua sobre Cuba, y concluyen que el transporte horizontal de vapor de agua sigue el mismo patrón que las componentes del viento. Con posterioridad, se acometieron otros estudios (Fonseca, 2001) que investigaron las anomalías de la *circulación general de la atmósfera* (CGA) de la Tierra y los cambios de los patrones del tiempo asociados a estos. Cutié (2002) profundizó en las peculiaridades existentes en la estructura vertical de las componentes zonal y meridional del viento en condiciones extremas secas y húmedas durante la primera fase del período lluvioso sobre Cuba, y logró por vez primera una valoración climática de las líneas de discontinuidad zonal y meridional para un extenso período (1979-1995) e introdujo diversos indicadores relativos a su marcha estacional, tales como la posición por niveles troposféricos y la velocidad de desplazamiento.

A pesar de los estudios realizados sobre el comportamiento general del viento, y de sus componentes zonal y meridional, la mayoría de estos son de carácter general, ninguno evalúa exhaustivamente las componentes zonal y meridional del viento en toda la estructura troposférica del Gran

Caribe, sino que se limitan a determinadas regiones (o a Cuba) y se concentran en aplicaciones específicas. Este trabajo se propone determinar el comportamiento de las componentes zonal y meridional del viento en la troposfera desde 925 hPa hasta 100 hPa para el período 1971-2000, mensual y estacionalmente, e indicar en cada perfil estacional los niveles de presión en los cuales se producen los cambios de signo de las componentes zonal y meridional (LDZ y LDM).

Materiales y métodos

Área de estudio

El área seleccionada, de vital importancia para evaluar los procesos de la circulación atmosférica que afectan a Cuba y las regiones adyacentes, se enmarca entre los 5° y 30° N, y los 60° y 95° O (Fig. 1). Con miras al análisis de las componentes del viento u y v se escogió un paso de rejilla de 5°x5°, con lo cual la región quedó dividida en 35 retículas de referencia. Esta área comprende los países centroamericanos (Panamá, Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica) y una parte de la región más oriental de México, en la Península de Yucatán; los países caribeños (Cuba, Jamaica, Haití, República Dominicana, Puerto Rico y el Arco de las Antillas) y las Bahamas; y la porción norte de América del Sur, en específico, la zona norte de Colombia, Venezuela y Guyana.

Obtención de los datos primarios

Los datos utilizados fueron extraídos de la base de datos disponible en el sitio web <http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl> del NCEP/NCAR, perteneciente al CDC de los Estados Unidos, de los cuales se seleccionaron los valores de las componentes zonal y meridional para los niveles troposféricos de 1 000 hPa, 925 hPa, 850 hPa, 700 hPa, 600 hPa, 500 hPa, 400 hPa, 300 hPa, 250 hPa,

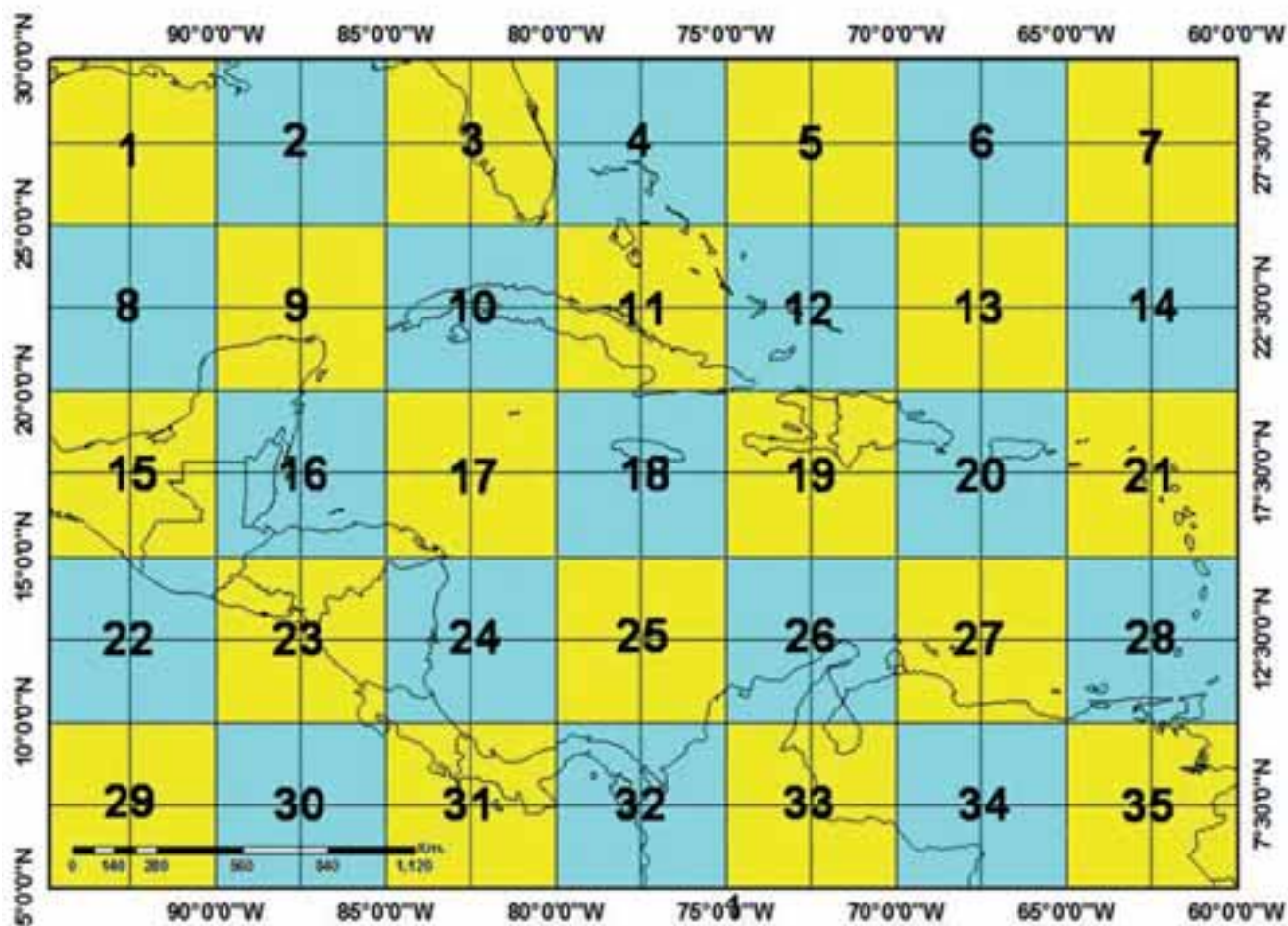


Fig.1 Región de estudio.

200 hPa, 150 hPa y 100 hPa (doce niveles de presión en la altura), los cuales caracterizan el comportamiento del viento en cada nivel escogido y para cada una de las 35 retículas que comprenden el área analizada en el período 1948–2010.

Procesamiento de los datos

Luego de completarse la descarga de los datos necesarios para las componentes u y v , se organizó la muestra que se utilizaría; la data se agrupó en doce ficheros, con los cuales se trabajó, que simbolizan los doce niveles de presión en la altura, y que presentan los datos por meses del año para ese nivel. Posteriormente, se hizo la selección de 1971–2000 como período de referencia o “norma” para las velocidades del viento zonal y meridional –cuyo em-

pleo será indispensable–, incluyendo los valores mensuales y estacionales (períodos lluvioso y poco lluvioso) para cada retícula de estudio. Estos datos, junto con los no incluidos en la norma (1948–1970 y 2001–2010), constituyen la base de datos principal, actualmente disponible, de las componentes ortogonales del viento u y v , antecedida solo por la confeccionada por Cutié (2002), referida a la climatología de la dinámica de la LDZ sobre Cuba (200 a 25° N y 75° a 85° W).

Con toda esta información se efectuó una caracterización de los perfiles verticales de las variables u y v , tanto estacional, como mensualmente, donde se destaca la alturas de cambio de signo (cambio en la dirección del viento) y los máximos de velocidad alcanzados en la estructura vertical.

Resultados y discusión

Entre los resultados obtenidos en este trabajo puede mencionarse que: a) se realizó una climatología de las componentes zonal y meridional del viento para 1971-2000; b) se confeccionaron los mapas regionales con los perfiles verticales de las componentes zonal y meridional en el período de estudio, tanto estacional, como mensualmente; c) se determinó el comportamiento climático, con la norma 1971-2000, para la LDZ y la LDM en la región de estudio; y d) se estableció una extensa base de datos, muy útil para el trabajo climático.

Viento zonal

Esta componente del viento distingue la dirección del viento a lo largo de los círculos de latitud en dirección oeste-este. Las corrientes del este se representan meteorológicamente con el signo negativo, mientras que para las corrientes del oeste se utiliza el signo positivo. La figura 2 muestra las características estacionales en los niveles de 200 hPa, 300 hPa, 500 hPa, 700 hPa, 850 hPa y 925 hPa para la componente zonal en el período 1971-2000.

De la figura anterior puede concluirse que período mayo-octubre se caracterizó por presentar las velocidades máximas de componente este en la troposfera baja, con valores de hasta 10 m/s sobre el Mar Caribe austral (al norte de Colombia), mientras que el flujo del oeste alcanza su máxima fuerza en la troposfera alta, donde los valores máximos se registran sobre la porción sur de los Estados Unidos de América y al norte del Arco de las Antillas, con intensidades mayores a 10 m/s y 9 m/s, respectivamente. En el período noviembre-abril, las velocidades máximas del este se encuentran en la troposfera baja, con un centro de intensidad suprema que supera 11 m/s al norte de Colombia, sobre el Mar Caribe, mientras que los vientos del oeste presentan su máxima fuerza en la sección más elevada de la troposfera, sobre la por-

ción sur de los Estados Unidos y el extremo norte de la península de la Florida.

El análisis estadístico de la base de datos para la componente zonal del viento proporcionó una representación gráfica de los valores que toma como promedio esta variable en toda la estructura troposférica en 1971-2000, para cada punto de las retículas que delimitan el área analizada. Para una mejor visualización de sus características, las gráficas de los perfiles verticales de la componente zonal del viento se superpusieron en ese mapa (Fig. 3).

El análisis realizado y la interpretación adecuada de los mapas de altura de cambio revelaron que de mayo a octubre esta altura se mantiene fija en las latitudes más altas de la región (entre los 22.5° y los 30° N), la LDZ tiene forma de U, encontrándose la isolínea de 500 hPa sobre la costa norte de la región occidental de Cuba. Si disminuye la latitud, puede observarse una tendencia de las isolíneas a disminuir en latitud al desplazarse hacia el este en la región de estudio, con excepción de la isolínea de 100 hPa, la cual encierra un área en el Océano Pacífico, al sur de El Salvador y Guatemala, donde la componente zonal de viento no varía su dirección (siempre es del este), como se aprecia en la figura 4a.

La etapa de noviembre a abril se caracteriza para toda la región por un dominio de la componente oeste en la troposfera alta y un predominio de los vientos del este en la baja troposfera; la intensidad de este último en la región de estudio varía hasta que cambia de signo. Solo las retículas 31 y 32 presentan en los niveles más bajos vientos del oeste.

Para una misma latitud, la fuerza de los vientos no muestra grandes variaciones; sin embargo, al desplazarse en una misma longitud, en dirección nortesur, se aprecia cómo la magnitud de las velocidades máximas del viento zonal del oeste disminuye considerablemente, hasta 10 m/s en las latitudes más altas de la zona. Además, el cambio de signo o de dirección del viento se produce más arriba a medida que

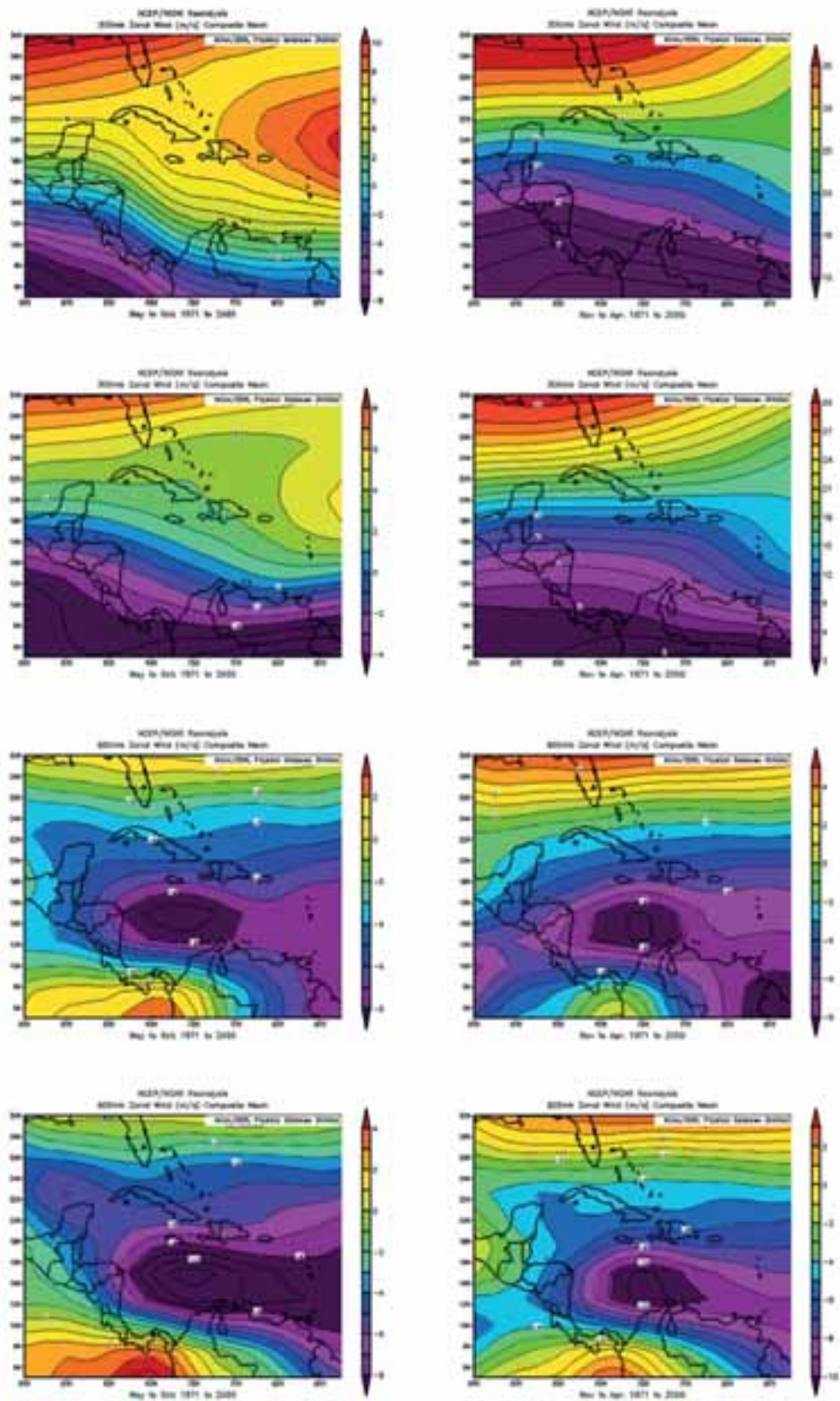


Fig. 2 a) Componente zonal del viento: mayo-octubre (1971-2000); b) noviembre-abril (1971-2000).

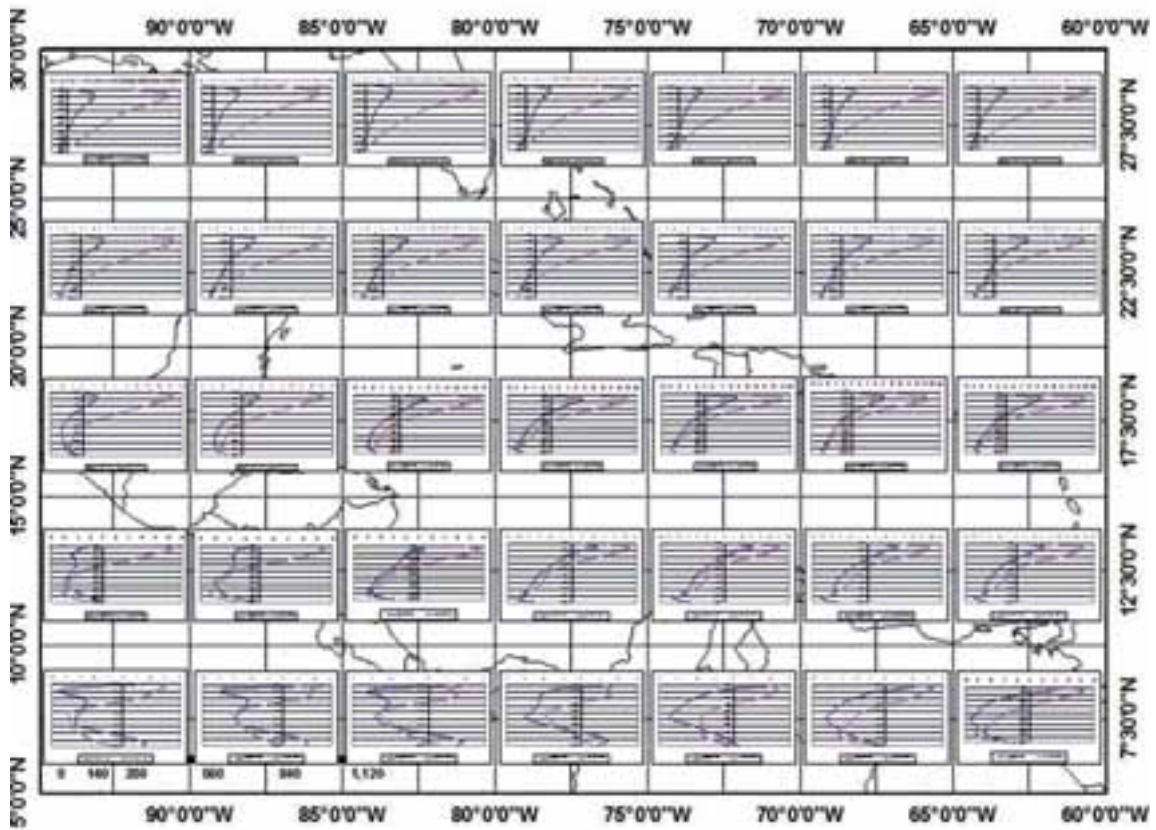


Fig. 3 Componente zonal del viento. Perfiles verticales: mayo-octubre y noviembre-abril, (1971-2000).

disminuye la latitud y oscila sobre la misma altura si el desplazamiento es de este a oeste en la región analizada.

La LDZ en noviembre-abril tiene un patrón de u invertida entre los 5° y 17.5° N, mientras que en el resto de la región, al desplazarse en una misma latitud, se encuentra aproximadamente a la misma altura. Si se cambia el sentido hacia una misma longitud, el comportamiento es semejante que en el caso de verano: aumenta la altura a medida que disminuye la latitud. Resulta característico en noviembre-abril que la LDZ se localice sobre la región oriental de Cuba, alrededor de 850 hPa (Fig. 4b).

El análisis mensual revela cómo los perfiles verticales de la variable (Fig. 5) y la intensidad máxima de sus componentes indican la existencia un desfase en los períodos estacionales, es decir, meses que por las características de sus perfiles verticales no perte-

necen al período en el que están contemplados. Por ejemplo, mayo, para toda la región, con excepción de la latitud 7.5° N, en la cual se comportan de manera similar los meses de cada período, presenta características de noviembre-abril; asimismo, octubre, en los 27.5° N, se comporta como un mes del período noviembre-abril.

Viento meridional

Esta componente distingue la dirección del viento (norte-sur) en el sentido de las longitudes. Las corrientes del norte se representan meteorológicamente con el signo negativo, mientras que las corrientes del sur con signo positivo. La figura 6 muestra las características de esta variable en toda la estructura troposférica para el período 1971-2000.

Para esta variable, el análisis de las alturas de cambio del viento en el período mayo-octubre refleja

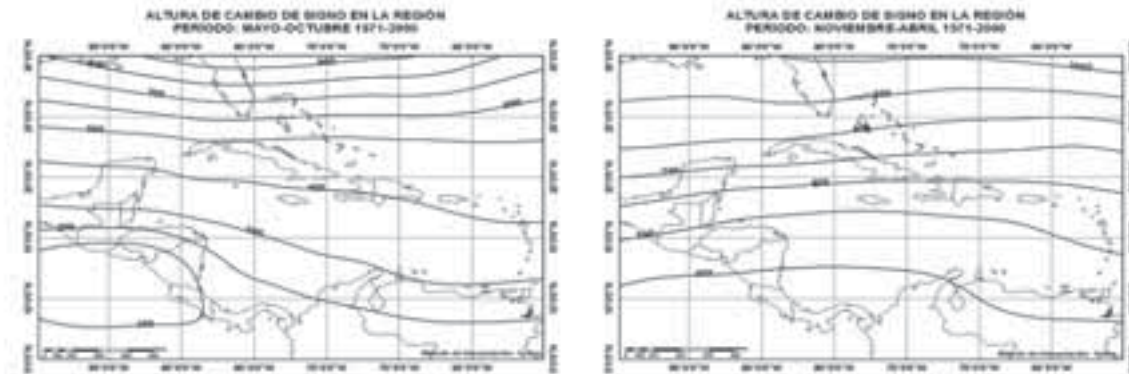


Fig. 4 Comportamiento de la LDZ por períodos: a) Mayo-octubre (1971-2000); b) Noviembre-abril (1971-2000).

cómo prácticamente en toda el área existe inestabilidad en los flujos, puesto que en muchas retículas el viento cambia de dirección en más de dos ocasiones, por lo cual se hace difícil seleccionar una altura que caracterice el tránsito de una a otra dirección. Sin embargo, puede concluirse que las velocidades máximas del norte se encuentran en la troposfera alta, entre 250 hPa y 150 hPa, donde se registran valores alrededor de 3.5 m/s sobre la porción centro-oriental del territorio cubano y en el extremo sur del Mar Pacífico, representado en la región de estudio. Además, los vientos máximos del sur se encuentran, fundamentalmente, en la capa comprendida entre 1 000 hPa y 850 hPa, en especial sobre el Golfo de Maracaibo, donde la componente sur del viento bate con una intensidad de hasta 3.5 m/s.

El período noviembre-abril también presenta un número considerable de cuadrículas con más de dos alturas de cambio de signo, aunque se aprecia que estas se encuentran concentradas entre las latitudes 5° y 22.5° N y las longitudes 65° y 80° W, lo cual indica en esa área una inestabilidad con respecto a la dirección del viento. Las velocidades máximas de las componentes norte y sur exhiben una irregularidad en la región analizada, que impide identificar alturas donde las intensidades sean máximas en toda el área.

Todas estas características se observan en la figura 7, la cual muestra los perfiles verticales de la componente meridional del viento para los períodos es-

tacionales mencionados; se evidencia que el período mayo-octubre se caracteriza por presentar como excepciones la retícula 15 en los 17.5° N y los 92.5° W, donde los máximos del sur se concentran en la troposfera media. En los 12.5° N, para las retículas 22, 23, 24 y 25, las velocidades máximas de componente sur se localizan en la troposfera media, entre 600 hPa y 700 hPa, al igual que las retículas 31 y 32 en los 7.5° N.

Se apreció que la estación poco lluviosa difiere considerablemente de la lluviosa, puesto que los valores máximos de componente sur están presentes, tanto en la troposfera alta, como en la baja. Esto se ejemplifica con los perfiles verticales de las primeras cuatro longitudes, que representan el área de estudio de oeste a este (92.5°, 87.5°, 82.5° y 77.5° W), donde los máximos valores de la componente sur del viento se constatan en la troposfera alta, mientras para el resto de las longitudes los máximos de esa dirección se encuentran en la troposfera baja, con excepción de la retícula 26 y las retículas de la latitud 7.5° N, donde estos valores extremos se localizan también en la troposfera alta.

Asimismo, en este período los máximos de componente norte para casi todas las retículas presentan una estructura semejante a los máximos del sur, pero en sentido contrario, o sea, en las cuatro primeras latitudes y a lo largo de toda la longitud, estos se encuentran en la troposfera baja; sin embargo, en las retículas restantes de las latitudes 27.5°, 22.5° y 17.5° N, los valores sobresalientes del norte están en la se-

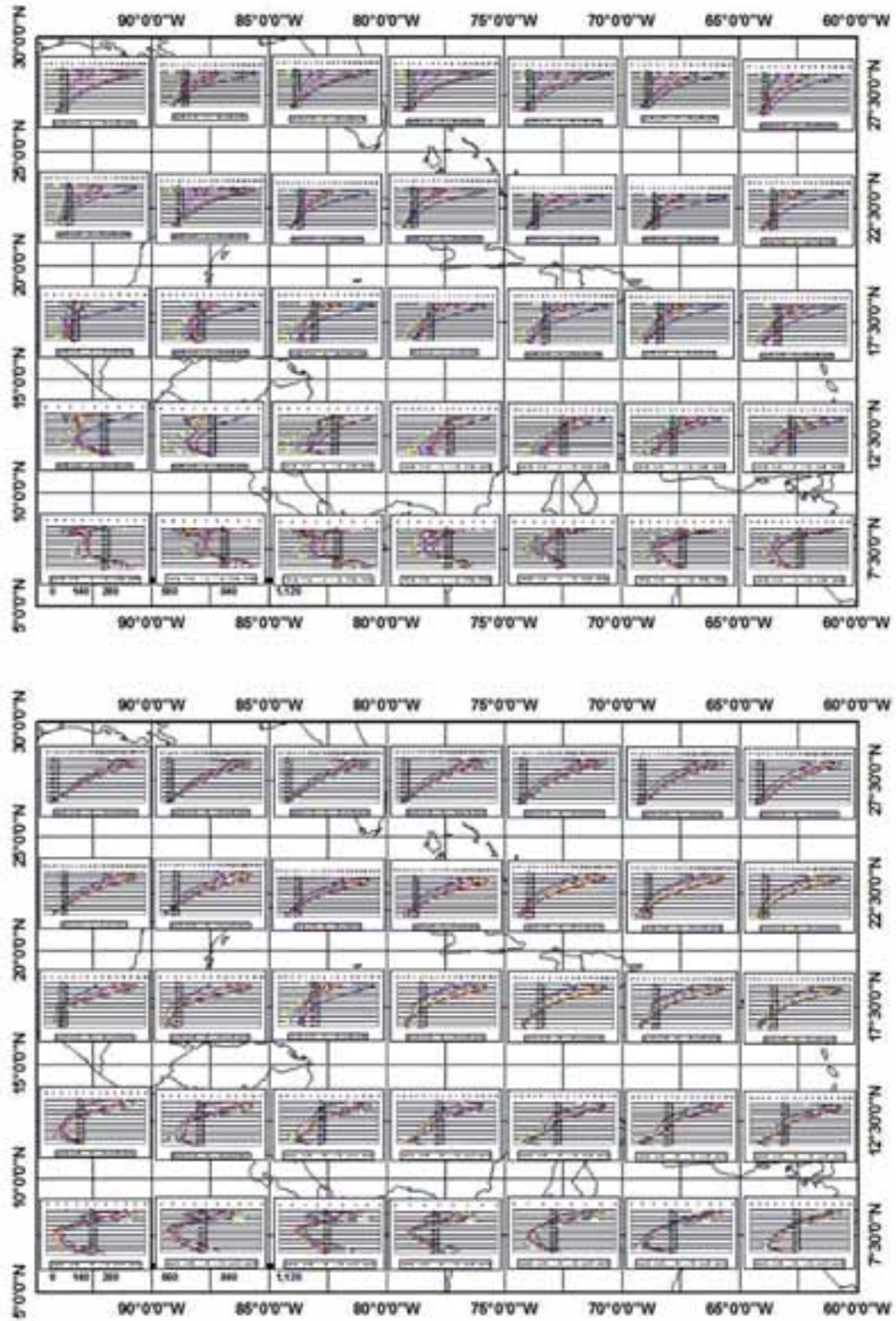


Fig. 5 a) Componente zonal del viento. Perfiles verticales: mayo-octubre (1971-2000); b) noviembre-abril (1971-2000).

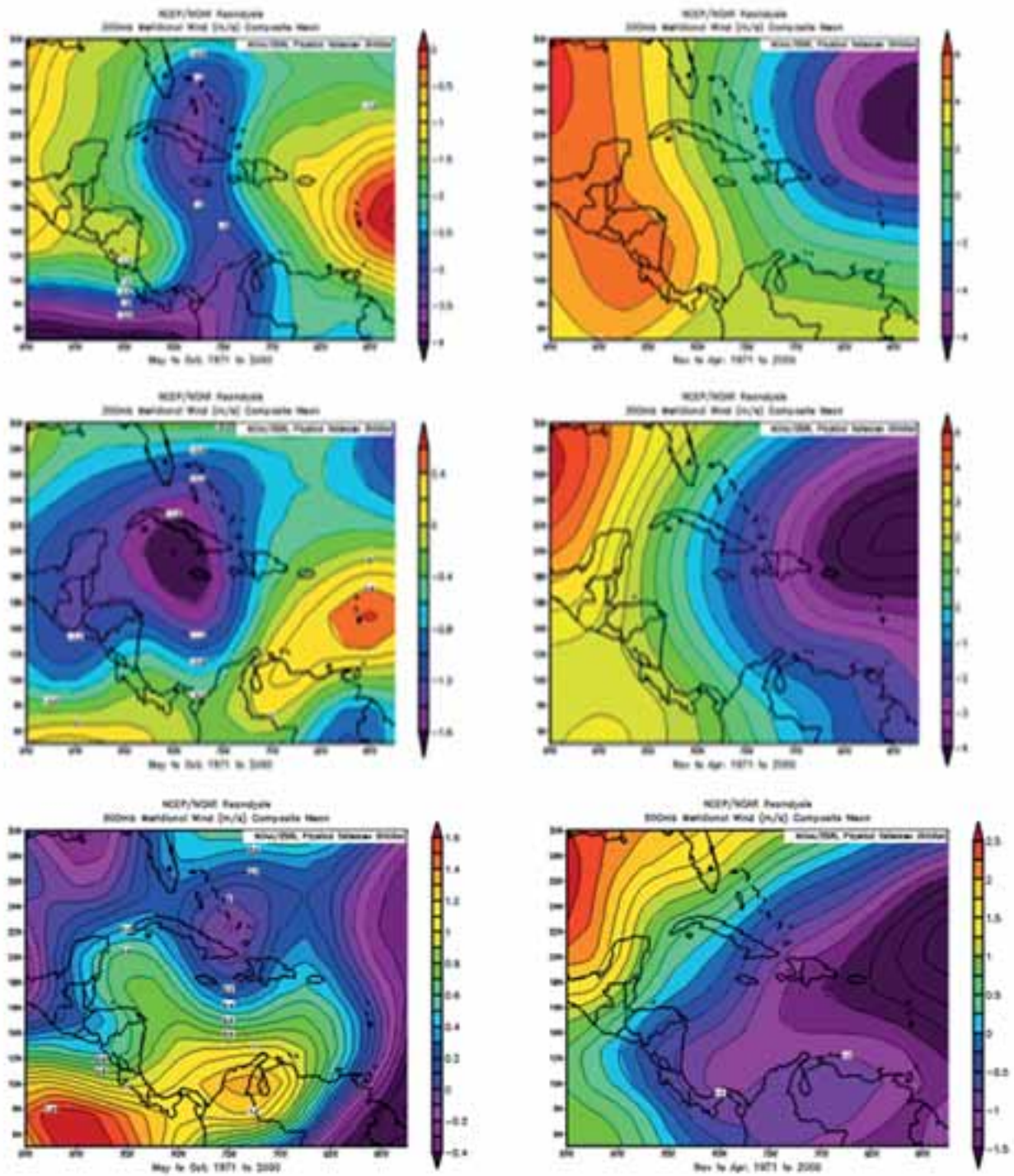


Fig. 6 Componente meridional del viento: a) Mayo-octubre (1971-2000); b) noviembre-abril (1971-2000).

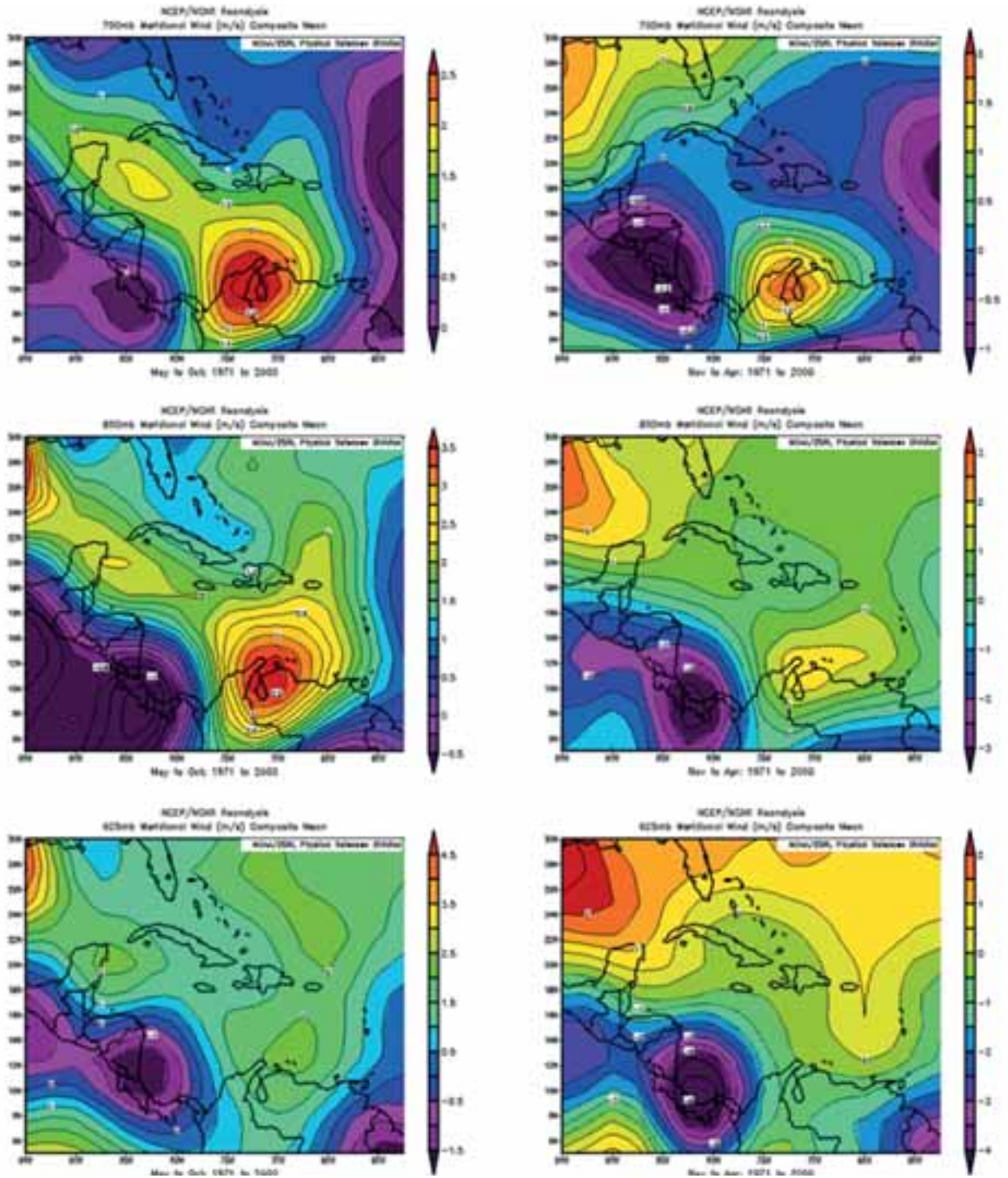


Fig. 6 Componente meridional del viento: a) Mayo-octubre (1971-2000); b) noviembre-abril (1971-2000). (cont)

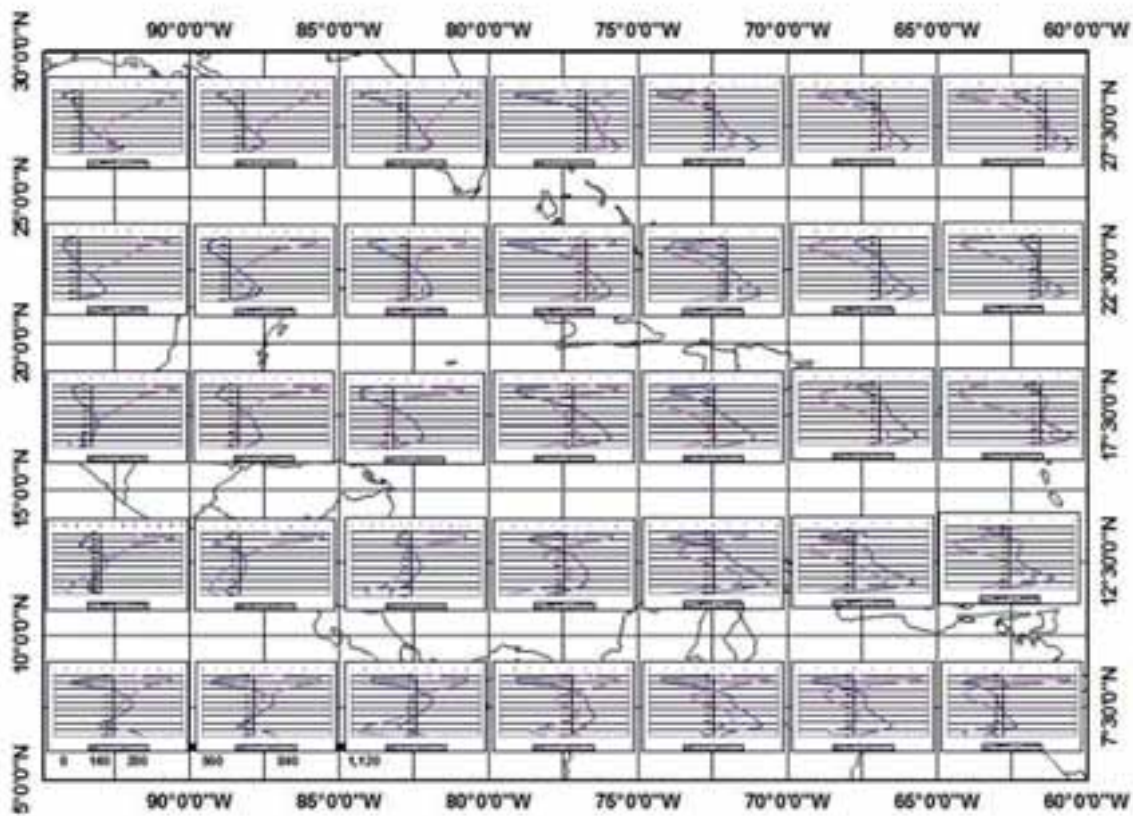


Fig. 7 Componente meridional del viento. Perfiles verticales de los períodos estacionales mayo-octubre y noviembre-abril (1971-2000).

ción más baja de la troposfera alta, mientras que en las latitudes 12.5 y 7.5 los supremos de dirección norte se encuentran en la troposfera media.

El análisis de los perfiles verticales mensuales para la componente meridional del viento en ambos períodos no refleja con claridad un corrimiento en los períodos estacionales de la variable, aunque en octubre puede apreciarse un comportamiento diferente al resto del período para las retículas 1 a la 16, puesto que en estas, ese mes presenta vientos del norte en la troposfera baja, en tanto los restantes meses son dominados por las corrientes del sur (Fig. 8).

Conclusiones

La componente zonal del viento en ambos períodos estacionales se caracteriza por presentar las veloci-

dades máximas de componente este en la troposfera baja, mientras que el flujo del oeste alcanza su máxima fuerza en la troposfera alta.

Para ambos períodos estacionales, la LDZ se comporta de manera similar; a medida que se desciende por la estructura troposférica, se encuentra más al norte, comenzando por las latitudes más bajas de la región de estudio, donde la LDZ se localiza en la troposfera alta.

La componente meridional del viento en el período mayo-octubre presenta las velocidades máximas del norte en la troposfera alta, entretanto vientos del sur dominan la troposfera baja; este comportamiento es similar para noviembre-abril. Sin embargo, no pudo determinarse un comportamiento regular de la LDM en ningún período estacional, puesto que en toda el área existe inestabilidad en los flujos, o sea, la

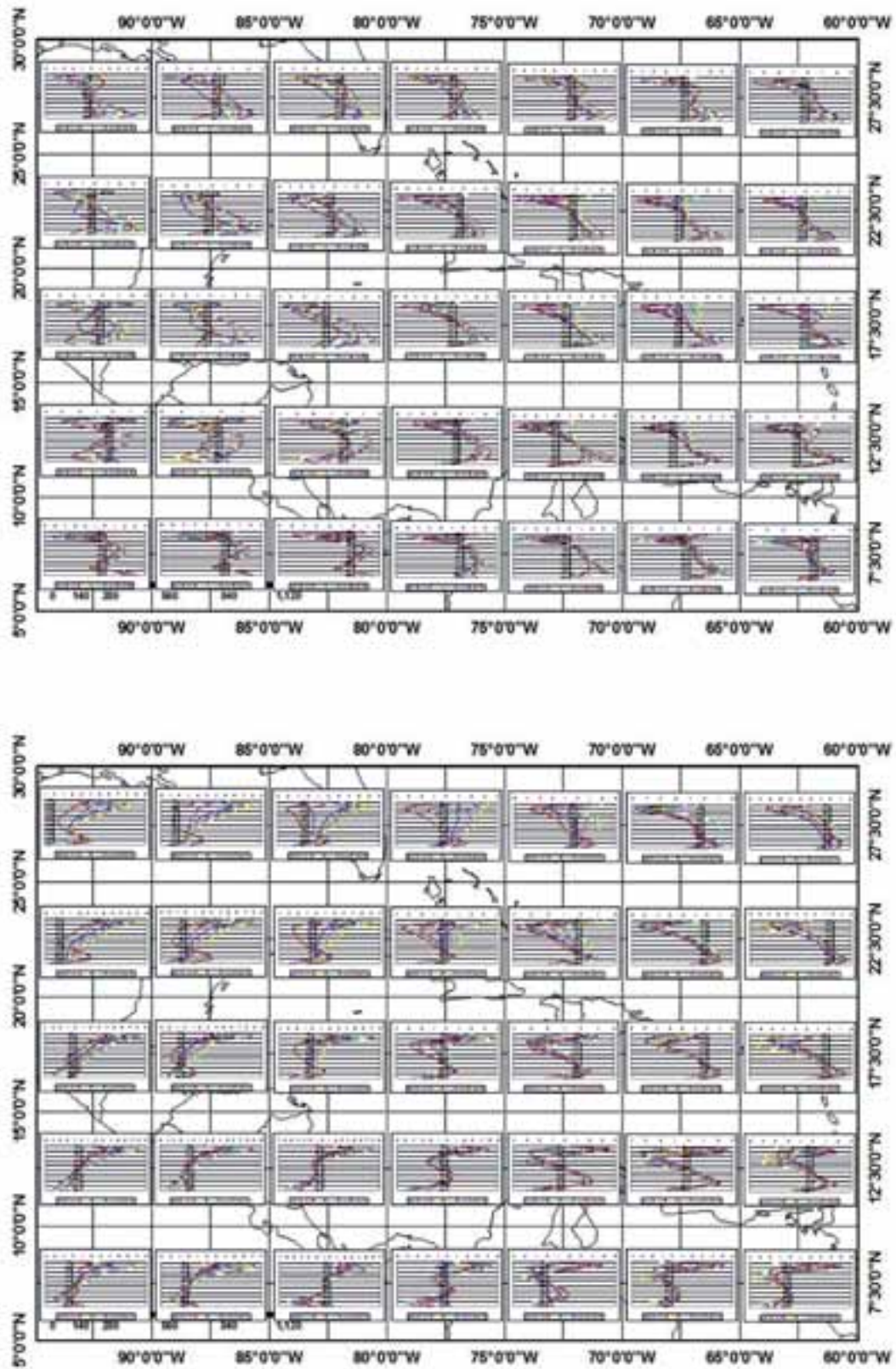


Fig. 8 Componente meridional del viento. Perfiles verticales: mayo-octubre. Norma: 71-00; b) noviembre-abril. Norma: 71-00.

dirección del viento cambia en más de una ocasión para casi toda la región de estudio.

Referencias bibliográficas

- CUTIÉ, V. 2002. Las discontinuidades en la circulación atmosférica regional y su asociación con la ocurrencia de eventos extremos del régimen pluviométrico de Cuba. Tesis en opción al título de máster en Ciencias Meteorológicas, Facultad de Física, Universidad de La Habana.
- FONSECA, C. 2001. Cambios en la posición e intensidad del Anticiclón del Atlántico y modificación en el régimen de lluvias en la región del Caribe. Tesis de Maestría en Ciencias Meteorológicas.
<http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>.
- JUSTIZ, A. 2010. Circulación troposférica asociada a los Frentes Fríos Fuertes que han afectado a Cuba en el período 1950-2008. Tesis de licenciatura en Meteorología.
- KIDSON, J. 1988. "Indexes of the Southern Hemisphere Zonal Wind, American Meteorological Society", *Journal of Climate*, 1, 12.
- LAPINEL, B. 1989. La circulación atmosférica y las características espacio-temporales de las lluvias en Cuba, Instituto de Meteorología, Centro de Documentación.
- LECHA, L; LLANES, A. 1988. "Características estacionales de la circulación atmosférica sobre Cuba", *Revista cubana de meteorología*, 1, 49-56.
- LECHA, L; LAPINEL, B; PAZ, L. 1994. El clima de Cuba, La Habana, Ed. Academia, 186.
- RIABCHIKOV, A. M. 1976. Estructura y dinámica de la esfera geográfica, 238.
- RIEHL, H. 1954. *Tropical Meteorology*, New York, McGraw-Hill, 392.
- ROQUE, A. 1998. Análisis del contenido integral de vapor de agua sobre Camagüey. Importancia para los estudios del cambio climático, 17.
- TARAKAROV, G. G. 1980. *Meteorología tropical*, Moscú, Vneshtorgizad.
- VÁSQUEZ, E. 1939. Nueva orientación en los estudios ciclónicos, Observatorio del colegio de Montserrat, La Habana.