

Transporte horizontal de vapor de agua en la zona tropical comprendida entre los 17° y 25° latitud norte y los 66° y 97° longitud oeste en el bienio 1998-1999.

Autores: ALFREDO ROQUE RODRÍGUEZ, DULCE O. PÉREZ BETANCOURT, IBIS RIVERO LLERENA, LETICIA MUÑOZ PARADELA Y REINALDO BÁEZ ALTAMIRANO.

Centro de Física de la Atmósfera. Instituto de Meteorología. E-mail: aroque@met.inf.cu

Resumen.

El presente trabajo tiene como objetivo principal el estudio del transporte horizontal del vapor de agua en una región del trópico que comprende a Cuba, mediante el procesamiento de la información aerológica proveniente de los radiosondeos realizados en algunas estaciones del trópico perteneciente al hemisferio norte. En el mismo se muestra que la componente advectiva del transporte horizontal del vapor de agua es muy superior a la componente turbulenta, indicando un débil aporte de esta última al transporte horizontal total de vapor de agua cuando se trabaja con escalas temporales que van desde un mes hasta años. La componente advectiva zonal es mayor que la meridional, pero ambas son del mismo orden de magnitud que los encontrados en años anteriores.

Introducción

En el último informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de 1995 (IPCC, 1995), se destacó el creciente aumento de los gases de efecto invernadero y su impacto negativo sobre la temperatura de la Tierra. Este aumento de la temperatura provoca un sustancial aumento de la evaporación y por tanto del vapor de agua en la atmósfera. Este a su vez amplifica dicho efecto, incrementando más aún la temperatura, provocando una retroalimentación o "feedback" positivo.

En un estudio del vapor de agua en una región del Caribe cuya parte central fuera la Isla de Cuba (Roque et al., 2002) permitió conocer los valores aproximados del contenido integral de vapor de agua para el archipiélago cubano. Sin embargo, este trabajo no contempló el análisis de transporte horizontal del vapor de agua.

Estudios anteriores sobre esta temática han sido realizados por Starr and Peixoto (1958), Hastenrath (1966 a y b), Ramusson (1967), Rossen et al. (1979) y Khatap et al. (1984). En Cuba estos estudios habían sido realizados sobre el Mar Caribe Occidental por Pérez y Amaro (1985), y sobre tierra por Arefev et al. (1987), García et al. (1989) y Pérez et al. (1990). Más reciente está el trabajo realizado con relación al transporte de vapor de agua sobre nuestro país por Roque et al. (1998) para la provincia de Camagüey y que constituyó un material de comparación para este estudio.

Por tanto este trabajo tiene como objetivo principal el estudio del transporte horizontal de vapor de agua en una zona del Caribe que comprenda Cuba, dando continuidad al publicado por Roque et al.

(2002), el cual resulta muy importante a fin de conocer el aporte estacional del vapor de agua por advección sobre la región de estudio.

1. Materiales y Métodos

La información utilizada para este trabajo se extrajo del sitio web raob.fsl.noaa.gov, perteneciente a la página web de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). De allí se extrajeron los sondeos aerológicos de las estaciones aerológicas del área Cayo Hueso en la Florida (72201), San Juan en Puerto Rico (78526), Kingston en Jamaica (78397) y Veracruz en México (76692). La figura 1, muestra la posición geográfica de cada una de ellas, así como la zona de estudio, mientras que la Tabla 1, muestra las coordenadas de cada estación y los meses utilizados en el análisis (señalados con *).

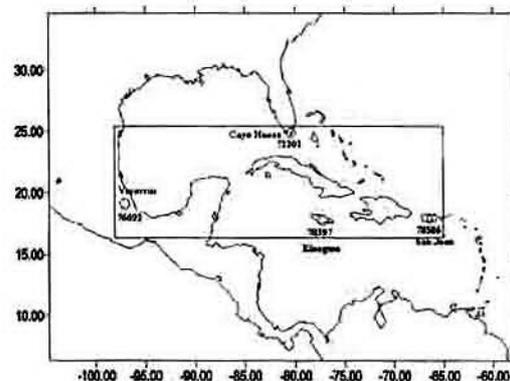


Fig. 1. Estaciones utilizadas en el estudio: Cayo Hueso (72201), San Juan (78526), Kingston (78397) y Veracruz (76692). El rectángulo encierra la zona de estudio.

Tabla 1. Posición geográfica de las estaciones utilizadas y meses utilizados en el Informe. HSNM (Altura sobre el nivel del mar).

Estación	Lat y Long.	HSNM (mts)	E	F	M	A	Y	J	L	G	S	O	N	D
72201	22.55 -81.75	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
78526	18.43 -66.00	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
78397	17.93 -76.78	4	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	
76692	19.17 -96.12	13	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*

Los meses faltantes en las estaciones 78397 y 76692, se debe a que no tenían datos correspondientes a algún año o porque los sondeos fueron rechazados por el chequeo realizado al no tener la calidad requerida. Según el criterio de Ross y Elliot (1996a), un mes era considerado válido si tenía al menos 10 días con observación y no más de 5 días consecutivos sin que faltara observación. Un sondeo era considerado válido si tenía al menos datos de temperatura, humedad y presión de los niveles mandatorios y significativos hasta los 500 hPa.

Los datos extraídos para cada sondeo corresponden a la temperatura, presión, humedad relativa, punto de rocío y velocidad y dirección del viento, para los niveles significativos y mandatorios cada 50 hPa a partir de superficie y hasta los 700 hPa y cada 100 hPa hasta los 100 hPa. De esta manera las capas seleccionadas fueron Sup-950, 950-900, 900-850, 850-800, 800-750, 750-700, 700-600, 600-500, 500-400, 400-300, 300-200 y 200-100 hPa para un total de 12 capas.

Cálculo del transporte horizontal del vapor de agua.

En el cálculo del transporte horizontal del vapor de agua (THVA) se emplearon como parámetros básicos la humedad específica q y las componentes zonal (u) y meridional (v) del viento. El transporte horizontal total de vapor de agua en un punto sobre la superficie de la Tierra, suponiendo una atmósfera en estado de equilibrio hidrostático (WMO, 1973), definido para un campo vectorial bidimensional está dado por las ecuaciones 1, 2 y 3:

$$Q_z = \frac{1}{g} \int_{p_0}^{p_n} q u dp = \frac{1}{g} \left[\int_{p_0}^{p_n} \overline{q u} dp + \int_{p_0}^{p_n} \overline{q' u'} dp \right] \quad (1)$$

$$Q_m = \frac{1}{g} \int_{p_0}^{p_n} \overline{q v} dp = \frac{1}{g} \left[\int_{p_0}^{p_n} \overline{q v} dp + \int_{p_0}^{p_n} \overline{q' v'} dp \right] \quad (2)$$

$$Q = Q_z + Q_m \quad (3)$$

Q representa el vector intensidad de flujo total horizontal, cuyas unidades se expresan kg.m⁻¹s⁻¹. Los subíndices z,m denotan un sistema de coordenadas (z,m,p,t) en el que z representa la longitud, m la latitud, p la presión y t el tiempo para el cual se realiza la integración. El parámetro Q está determinado por un término advectivo (primera integral de la parte derecha de las ecuaciones 1 y 2) y por un término turbulento segunda integral de la parte derecha de las ecuaciones 1 y 2). Este término turbulento (también llamado flujo turbulento transitorio), debe su existencia a la inestabilidad temporal de la atmósfera, y crea una tendencia a reducir los gradientes de ciertas magnitudes como la masa, el calor y la humedad, así como también la componente baroclínica de este flujo, WMO (1973).

La información fue procesada mediante programas creados al efecto y fue agrupada en los períodos Noviembre - Abril y Mayo - Octubre, para facilitar su comparación con los resultados obtenidos por Roque et al. (1998) para Camagüey. Los resultados se muestran en tablas y gráficos para una mejor comprensión del trabajo.

2. Discusión de los resultados.

Componente Zonal del viento

Para facilitar el cálculo del THVA en las capas seleccionadas, se analizaron los valores medios de las componentes del viento en cada capa.

En el análisis de la componente zonal del viento (C_z) (figs 2) se observa que en la capa de superficie a 850 hPa, para las 4 estaciones predominan los

vientos de componente Este en todo el período analizado, llegando los mismos hasta la capa de 850 - 700 hPa, con excepción de la estación de Cayo Hueso, con máximos de velocidad próximos a 10 m/s en esta capa para las estaciones del Caribe en el mes de Julio. Los vientos del Oeste están presentes desde Diciembre a Mayo, en las capas por encima de 700 hPa con velocidades máximas en las capas superiores por encima de 35 m/s en Veracruz (Enero) y Cayo Hueso (Marzo) y próximo a los 30 m/s en Kingston y San Juan (Febrero).

La altura mínima de la Línea de Discontinuidad Zonal (LDZ), que divide los vientos del Este de los del Oeste, se encuentra para Cayo Hueso en el mes

de Febrero en la capa de superficie a 850 hPa, en Veracruz en Marzo y en San Juan en Abril en la capa de 850 a 700 hPa.

Estos vientos del Oeste descienden rápidamente con una transición a vientos del Este en todas las capas aproximadamente en el mes de Junio, resultados similares se obtuvieron en la región en estudios realizados por Lapinel (1988) y Hastenrath (1966 a y b). Estos vientos del Este alcanzan velocidades máximas próximas a los 10 m/s en la capa de 200 a 100 hPa en Cayo Hueso y en Kingston en la capa de 850 a 700 hPa en el mes de Julio.

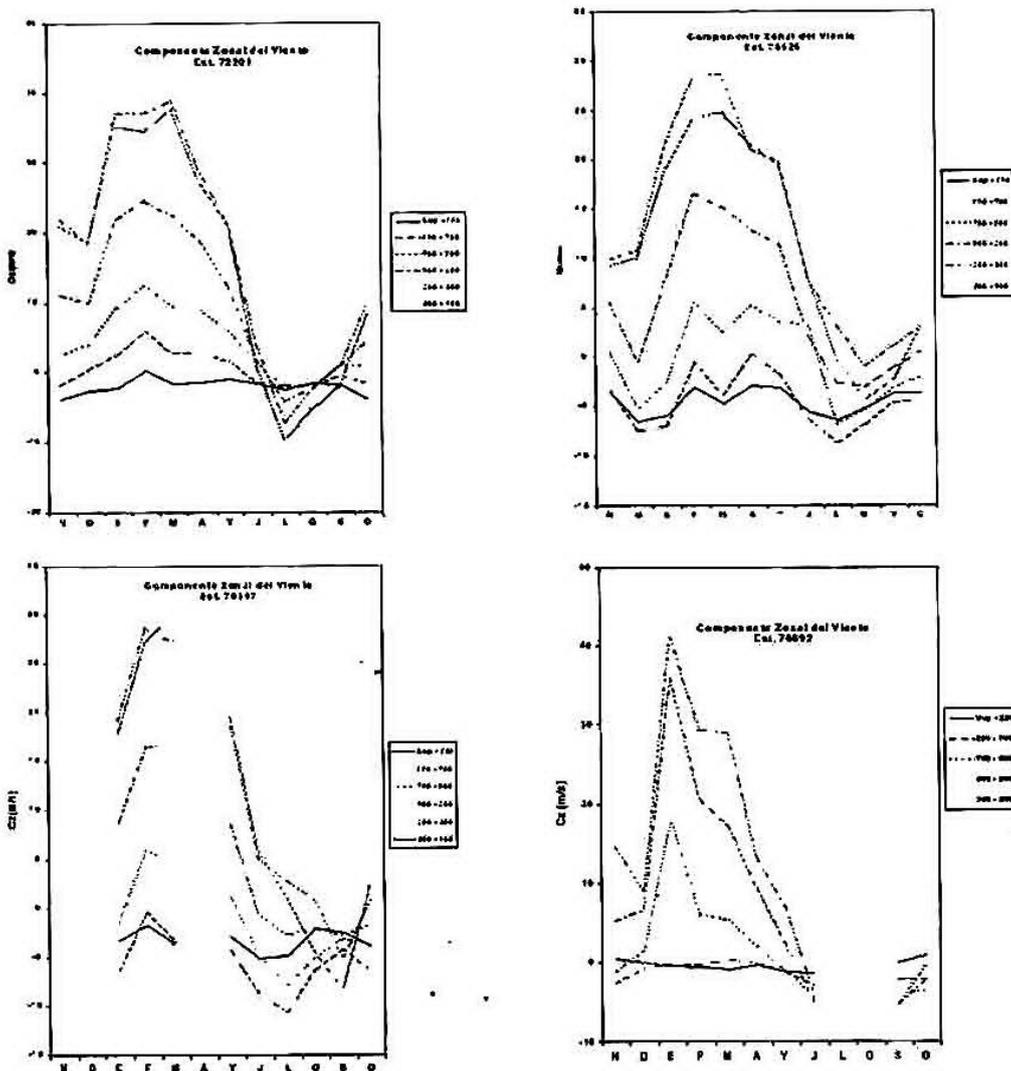
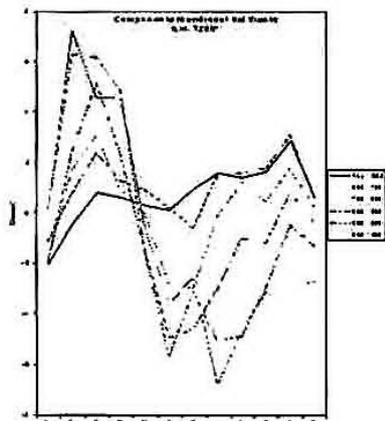


Fig. 2. Comportamiento anual de la componente zonal del viento (Cz) para las estaciones de Cayo Hueso (72201), San Juan (78526), Jamaica (78397) y Veracruz (76644) en el período 1998-1999 a las 1200 GMT.

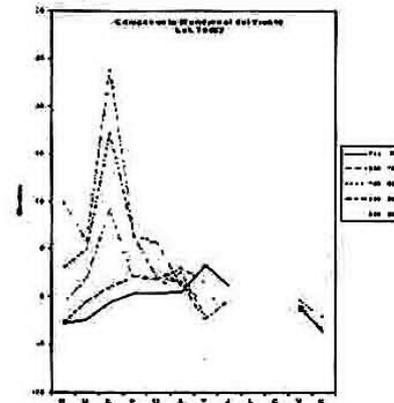
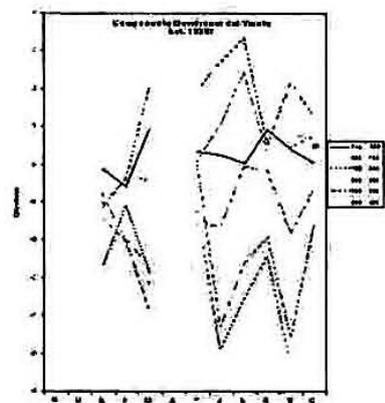
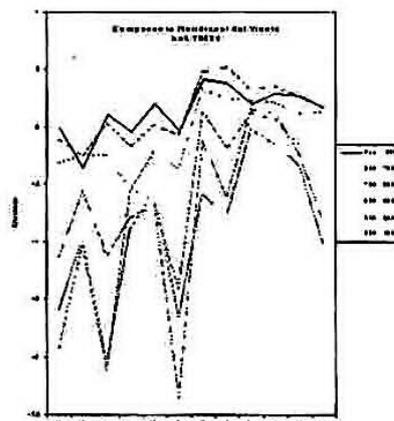
Componente Meridional del viento

La componente meridional (C_m) media del viento (fig. 3) es débil en las capas bajas y variable en las estaciones en estudio para todo el año. En Veracruz y Cayo Hueso C_m es del Sur en las capas por encima de 700 hPa en los meses de Diciembre a Marzo, la transición de Sur a Norte se produce para Cayo Hueso en Marzo y en Veracruz en Abril alcanzando sus mayores velocidades en el mes de Junio aproximadamente con 6 m/s. En Veracruz C_m del Sur alcanza valores cerca de los 20 m/s, en el mes de Enero en las capas por encima de 500 hPa, mientras que en Cayo Hueso no llegan a tomar valores de 8 m/s.



En San Juan y en Kingsón de Noviembre - Abril para las capas por encima de 500 a 300 hPa, la C_m es del Norte y en la capa de 200 a 100 hPa alcanza velocidades alrededor de 9 m/s y 5 m/s respectivamente, que a partir de Abril disminuyen bruscamente hasta menos de 4 m/s en San Juan.

Lapinel (1988) obtuvo resultados similares para las estaciones de Cayo Hueso y Guantánamo, correspondiéndose las componentes medias tanto zonal como meridional con las líneas de flujos sobre Cuba y regiones adyacentes en la capa comprendida entre 850 y 200 hPa.



Componente zonal advectiva del transporte de vapor de agua.

En el análisis de frecuencia (en %) de la componente zonal advectiva (Q_z) del THVA, se puede apreciar que las mayores frecuencias en la estación de Cayo Hueso (Tabla 2 a y b) ocurren en el período

comprendido de Enero a Mayo, con valores de $Q_z < 100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ del Oeste (W). A partir de Junio, con el ascenso de la altura de la base de la componente Oeste se encontró que los mayores valores de la frecuencia están en la componente Este (E) hasta el mes de Diciembre, mes en el cual las mayores frecuencias presentaron valores de $Q_z < 200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

Tabla 2. Distribución de frecuencia en (%) de la magnitud de la componente zonal advectiva (Qz) del transporte horizontal del vapor de agua en toda la columna para la estación de Cayo Hueso a las 1200 GMT, a) Noviembre-Abril b) Mayo-Octubre.

a)

Qz [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-100	30.0	16.0	20.34	23.73	13.46	21.45	21.74	23.91	12.96	24.07	23.4	27.65
100-200	32.0	4.0	27.12	6.72	21.15	15.38	6.52	13.04	20.37	22.22	17.02	12.76
200-300	10.0	2.0	11.86	5.1	5.77	19.23	2.17	15.21	3.7	11.11		10.64
300-400	4.0	-		5.1	1.92			6.52		-		-
400-500		2.0						6.52		1.85		8.51
500-600								2.17		3.7		
600-700						1.92	2.17					

b)

Qz [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-100	25.0	33.93	32.69	21.15	16.98	9.73	30.51	15.25	30.51	15.25	28.89	11.11
100-200	11.07	8.93	21.15	9.61	33.96	5.66	18.54	1.69	18.64	1.69	20.0	8.89
200-300	3.57	7.14	13.46		20.75	3.77	16.95	3.39	16.95	3.38	24.44	4.44
300-400		3.57	-		7.55	-	11.86		11.86			-
400-500		1.79	1.92			-	1.69		1.69			-
500-600						1.89						2.22

En la estación de Veracruz (Tabla 3 a y b) de Enero a Abril, generalmente las mayores frecuencias de Qz presentan valores < a 100 kg. m⁻¹. s⁻¹ del W, lle-

gando alcanzar Qz en Junio, Septiembre y Octubre frecuencias de más del 20%, para valores entre 100 - 200 kg. m⁻¹. s⁻¹.

Tabla 3. Distribución de frecuencia en (%) de la magnitud de la componente zonal advectiva (Qz) del transporte horizontal del vapor de agua en toda la columna para la estación de Veracruz a las 1200 GMT, a) Noviembre-Abril b) Mayo-Octubre.

a)

Qz [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-100	47.5	27.5	45.95	29.73	27.91	34.88	44.44	48.15	30.43	52.17	35.14	51.35
100-200	12.5	7.5	8.11	16.22	6.98	23.26		7.41	4.35	10.87	5.41	5.40
200-300	5.0				4.65	2.33				2.17		2.70
300-400												
400-500												

b)

Qz [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-100	60.0	28.57	34.2	7.89					36.36	27.27	42.5	22.5
100-200	8.57	2.86	47.36	2.63					27.27		20.0	
200-300			7.89						6.82		7.5	
300-400									2.27		2.5	2.5
400-500											2.5	

En las estaciones de San Juan (Tablas 4 a y b) y Kingston (5 a y b), durante todo el periodo analizado Qz alcanza de Noviembre a Mayo sus mayores frecuencias en la componente E con valores < 300 kg. m⁻¹. s⁻¹ para la estación de Kingston y de Febrero a

Mayo para la estación de San Juan. De Junio a Octubre en Kingston y de Junio a Enero en San Juan las frecuencias en la componente E fueron fundamentalmente < 500 kg. m⁻¹. s⁻¹.

Tabla 4. Distribución de frecuencia en (%) de la magnitud de la componente zonal advectiva (Q_z) del transporte horizontal del vapor de agua en toda la columna para la estación de San Juan a las 1200 GMT, a) Noviembre-Abril b) Mayo-Octubre.

a)

Oz [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-100	6.0	16.0	8.62	5.17	15.79	1.75	35.29	23.53	33.33	12.28	14.29	32.14
100-200	24.0	8.0	22.41		9.12	1.75	17.65	5.88	40.35	1.75	14.29	21.43
200-300	18.0	6.0	27.59		33.33		9.80	1.96	8.77		7.14	3.57
300-400	14.0	-	24.14		15.79				3.51		3.57	3.57
400-500	6.0	2.0	12.07		3.51							
500-600												
600-700												

b)

Oz [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-100	39.34	18.03	1.75	3.51			1.75	3.51	10.34	6.89	8.33	5.0
100-200	18.03	8.20	19.30		6.89		22.81		18.97	6.89	30.0	8.33
200-300	8.20	32.79	26.32		36.21		22.81		31.04	1.72	25.0	1.67
300-400	4.92		42.10		34.48		43.86		13.79		15.0	
400-500			7.01		17.24		5.26		6.89		6.66	
500-600									1.72			
600-700									1.72			

Tabla 5. Distribución de frecuencia en (%) de la magnitud de la componente zonal advectiva (Q_z) del transporte horizontal del vapor de agua en toda la columna para la estación de Kingston a las 1200 GMT, a) Noviembre-Abril b) Mayo-Octubre.

a)

Oz [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-100	21.21	24.24			29.55	4.55	17.5	22.5	37.93	17.24		
100-200	27.27				27.27	2.27	20.0	15.0	24.14	6.89		
200-300	15.15				27.27		12.5	2.5	3.47			
300-400	12.12				9.09		2.5	2.5	6.90			
400-500							2.5	2.5	3.45			
500-600												
600-700												
700-800												
800-900												

b)

Oz [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-100	27.5	27.5	8.16		3.23	6.45	14.29	17.86	22.58	6.45	6.98	9.30
100-200	25.0		20.41		9.68		32.14		38.71	-	13.95	
200-300	10.0		24.49		16.13		28.57		22.58	3.23	37.21	
300-400	5.0		28.57		32.26		7.14		6.45		20.93	
400-500	2.5		14.29		22.58						-	
500-600	2.5		4.08		6.45						4.65	2.32
600-700					-						4.65	
700-800					-							
800-900					3.23							

Componente meridional advectiva del transporte de vapor de agua.

En Cayo Hueso (Tablas 6 a y b), Kingston (Tablas 7 a y b) y San Juan (Tablas 8 a y b), la componente meridional advectiva (Q_m) del THVA de Mayo a Septiembre tiene una frecuencia predominante del Sur con los máximos de fre-

cuencias menores a $100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ incrementándose en los meses de Junio y Julio hasta valores de $200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. En los meses de Noviembre a Abril, Q_m es variable con transiciones de Norte a Sur y de Sur a Norte en dependencia de los sistemas a escala sinóptica que influyan en la región de estudio, con los máximos de frecuencias para valores de Q_m menores a $100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

Tabla 6. Distribución de frecuencia en (%) de la magnitud de la componente meridional advectiva (Q_m) del transporte horizontal del vapor de agua en toda la columna para la estación de Cayo Hueso a las 1200 GMT, a) Noviembre-Abril b) Mayo-Octubre.

a)

Q_m [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$]	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-100	44.0	22.0	41.38	36.21	26.92	32.69	42.22	20.0	51.85	25.92	29.79	38.30
100-200	22.0	6.0	5.17	12.1	3.85	15.35	11.11	8.89	1.85	5.55	12.77	10.64
200-300	4.0			3.45	1.92	5.77		6.67		9.26	2.13	6.38
300-400				1.72		9.61		2.22		1.92		
400-500						1.92		2.22		1.92		
500-600						1.92		6.67		1.92		
600-700												
700-800												

b)

Q_m [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-100	35.71	37.5	29.63	29.63	16.66	46.30	16.66	30.0	18.18	16.36	41.51	32.1
100-200	7.14	10.71	3.70	25.92	5.56	18.54	11.67	25.0	5.45	14.54	7.55	15.1
200-300		3.57		7.41	3.70	3.70		11.67	3.64	12.73	1.89	1.89
300-400	1.78	3.57				5.56		5.0	-	10.91		
400-500									-	5.45		
500-600									1.82	5.45		
600-700										3.64		
700-800										1.82		

Tabla 7. Distribución de frecuencia en (%) de la magnitud de la componente meridional advectiva (Q_m) del transporte horizontal del vapor de agua en toda la columna para la estación de Kingston a las 1200 GMT, a) Noviembre-Abril b) Mayo-Octubre.

a)

Q_m [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$]	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-100	35.48	32.26			43.48	34.78	22.5	32.5	41.38	20.69		
100-200	12.90	3.23			10.87	6.52	20.0	2.5	6.90	17.24		
200-300	3.23	6.45				-	5.0	12.5		10.34		
300-400		3.23				4.35		2.5		3.45		
400-500		-						2.5				
500-600		3.23										

b)

Q_m [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-100	37.5	32.5	32.0	34.0	28.12	28.12	30.0	63.33	29.41	26.47	43.90	24.39
100-200	7.5	15.0		32.0	9.38	21.88		6.67	5.88	11.76	9.76	12.20
200-300		7.5		2.0		6.25			2.94	11.76		2.44
300-400						6.25			2.94	5.88		2.44
400-500									2.94			2.44
500-600												2.44

Tabla 8. Distribución de frecuencia en (%) de la magnitud de la componente meridional advectiva (Q_m) del transporte horizontal del vapor de agua en toda la columna para la estación de San Juan a las 1200 GMT, a) Noviembre-Abril b) Mayo-Octubre.

a)

Q_m [$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$]	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-100	26.41	39.62	42.11	17.54	33.33	49.12	47.06	23.53	47.37	22.82	42.86	21.43
100-200	11.32	13.21	28.07	8.77	3.51	10.53	17.65	7.84	8.77	21.02	25.0	3.57
200-300	3.77	3.77	17.5	1.75	3.51			1.92				7.14
300-400	1.85							1.92				
400-500												
500-600												
600-700												

b)

Q_m [$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-100	21.31	42.62	19.30	43.86	23.73	37.29	22.03	37.29	28.07	26.32	25.81	54.84
100-200	1.64	18.03		29.82	5.1	22.03	8.47	20.34	5.26	26.32	1.61	12.90
200-300		16.39		7.02	1.69	8.47	-	5.08	1.75	5.26		3.23
300-400						1.69	1.69	1.69	3.51	3.51		
400-500								-				
500-600								1.69				
600-700								1.69				

En Veracruz (Tabla 9 a y b) desde Septiembre a Diciembre Q_m es de componente Norte y de Enero a Junio es de componente Sur con los máximos de frecuencias para valores menores a 200 $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$.

Tabla 9. Distribución de frecuencia en (%) de la magnitud de la componente meridional advectiva (Q_m) del transporte horizontal del vapor de agua en toda la columna para la estación de Veracruz a las 1200 GMT, a) Noviembre-Abril b) Mayo-Octubre.

a)

Q_m [$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$]	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-100	30.95	35.71	25.0	27.78	16.28	27.91	7.41	48.15	10.87	45.65	17.95	15.38
100-200	21.43		25.0	13.89	11.63	32.56	11.11	18.52	13.04	17.39	12.82	41.03
200-300	11.90		2.77	2.77	4.65	4.65	7.41	7.41	4.35	8.70	5.13	7.69
300-400			2.77			2.33						
400-500												
500-600												

b)

Q_m [$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-100	23.63	26.32	27.27	27.27					13.64	15.91	13.16	10.53
100-200	5.26	31.58	11.36	13.64					13.18	15.91	21.05	10.53
200-300	2.63	5.26	-	11.36					15.91	9.09	13.16	7.89
300-400		2.63	2.27	2.67					6.82	4.55	15.79	2.63
400-500				4.55							2.63	
500-600											2.63	

Componente Zonal Turbulenta del transporte horizontal del vapor de agua

La componente turbulenta ($Q'z$) del THVA, al igual que se había visto para Camagüey, (Roque et al., 1998), aporta muy poco al transporte total de vapor de agua, por lo que sólo se mostrarán las características más importantes de ambas componentes

Este flujo durante el bienio 1998 - 1999 aportó menos del 20% al THVA (Tablas 10 a y b, 11 a y b, 12 a y b, 13 a y b) y fue en general del Este en las 4 estaciones para el periodo Noviembre - Abril con los máximos de frecuencia para valores de $Q'z$ entre 0 y 30 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. En el periodo Mayo - Octubre ($Q'z$), es muy variable y en ocasiones es tanto del Este como del Oeste con la frecuencia máxima entre 0 y 20 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

Tabla 10. Distribución de frecuencia (%) de la magnitud de la componente zonal turbulenta ($Q'z$) del transporte horizontal de vapor de agua en toda la columna para Cayo Hueso (72201) a las 1200 GMT en el periodo 1998-1999 para: a) Noviembre-Abril y b) Mayo-October.

a)

$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}]$	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-10	30.0	8.0	32.2	16.94	15.69		17.39	2.17	14.81	7.41	14.89	4.26
10-20	34.0	2.0	32.2		31.37	1.96	13.04		20.37		23.4	
20-30	18.0		16.94		19.6		36.95		37.04		27.66	
30-40	6.0		1.69		13.75		15.21		9.26		21.28	
40-50	2.0				9.8		8.69		7.41		6.38	
50-60					7.84		2.17		1.85			
60-70									1.85		2.13	
70-80							4.35					

b)

$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}]$	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-10	14.29	12.5	34.61	23.08	20.37	38.89	25.0	38.33	27.27	32.73	4	10.42
10-20	28.57	1.76	32.69	3.85	9.26	27.78	10.0	16.67	27.27	7.27	37.5	8.33
20-30	26.79		3.85	1.92		3.70	3.33	5.0	5.45		27.08	2.08
30-40	12.5							1.67			14.58	
40-50	3.57											
50-60												
60-70												
70-80												

Tabla 11. Distribución de frecuencia (%) de la magnitud de la componente zonal turbulenta ($Q'z$) del transporte horizontal de vapor de agua en toda la columna para San Juan (78526) a las 1200 GMT en el periodo 1998-1999 para: a) Noviembre-Abril y b) Mayo-October.

a)

$Q'z$ $[\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}]$	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-10	25.92	12.96	23.33	23.33	33.33	4.26	25.49	3.92	17.24	3.44	3.57	7.14
10-20	31.48	3.70	11.67	13.33	42.59	3.70	29.41		36.2		-	25.0
20-30	9.25	1.85	13.33	6.67	9.26		19.60		18.97		3.57	32.14
30-40	9.25		3.33		1.85		13.73		17.24			17.86
40-50	9.25		3.33				3.92		1.72			10.71
50-60			1.67				3.92		3.44			
60-70									3.44			

b)

$Q'z$ [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-10	45.90	1.64	49.35	22.8	23.21	30.56	33.89	30.51	12.28	36.84	30.65	30.65
10-20	44.26		24.56	3.51	17.86	21.43	13.55	20.34	38.60	12.28	17.74	8.06
20-30	4.91		8.77			1.79		1.69			12.90	4.84
30-40	3.28					3.57						
40-50						1.79						
50-60												
60-70												

Tabla 12. Distribución de frecuencia (%) de la magnitud de la componente zonal turbulenta ($Q'z$) del transporte horizontal de vapor de agua en toda la columna para Kingston (78397) a las 1200 GMT en el período 1998-1999 para: a) Noviembre-Abril y b) Mayo-Octubre.

a)

$Q'z$ [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-10	31.25	15.62			17.39	28.26	22.5	15.0	17.86	3.57		
10-20	9.38	18.75			19.56	6.52	15.0	7.14	25.0			
20-30	15.62	6.25			13.04	-	15.0		7.14			
30-40		-			6.52	2.17	10.0		17.86			
40-50		3.12			4.35		10.0		7.14	7.14		
50-60					2.17		2.5		3.57			
60-70							2.5		3.57			
70-80										3.57		
80-90												
90-100										3.57		

b)

$Q'z$ [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-10	23.07	12.82	18.37	40.81	20.69	24.14	16.0	32.0	15.79	34.21	16.67	40.48
10-20	17.95	7.7	28.57	8.16	17.24	20.69	16.0	32.0	10.53	18.42	26.19	11.90
20-30	23.07	2.56	4.8		6.90	10.34		-	13.16	2.63	2.38	2.38
30-40	7.69							4.0	5.26			
40-50	5.13											
50-60												
60-70												
70-80												
80-90												
90-100												

Tabla 13. Distribución de frecuencia (%) de la magnitud de la componente zonal turbulenta ($Q'z$) del transporte horizontal de vapor de agua en toda la columna para Veracruz (76692) a las 1200 GMT en el período 1998-1999 para: a) Noviembre-Abril y b) Mayo-Octubre.

a)

$Q'z$ [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-10	30.0	22.5	14.71	29.41	20.0	10.0	22.72	18.18	17.78	11.11	25.0	13.64
10-20	27.5	5.0	20.58	8.82	12.5	5.0	22.72	13.64	31.35	2.22	6.82	6.82
20-30	5.0	10.0	11.76	5.88	17.5	2.5	18.18	4.55	8.89		13.64	2.27
30-40			2.94		15.0	2.5			8.89		4.55	13.64
40-50	5.88		5.88		15.0				15.56		2.27	6.82
50-60									2.22		2.27	2.27

b)

Q'm [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
0-10	18.18	39.39	7.32	36.59					8.89	35.6	17.5	42.5
10-20	12.12	18.18	2.44	26.83					-	33.33	7.5	27.5
20-30	6.06	6.06	-	19.51					2.22	15.55	-	2.5
30-40			2.44	4.88						2.22	2.5	
40-50										-		
50-60										2.22		

Componente Meridional Turbulenta del transporte horizontal del vapor de agua

La componente meridional turbulenta (Q'm) del THVA (Tablas 14 a y b, 15 a y b, 16 a y b, 17 a y b) en el periodo analizado es de un orden de magnitud menor que la componente advectiva, aunque en ocasiones sus valores más frecuentes lo son hasta dos ordenes de magnitud. En Cayo Hueso en general, se

manifestó del Sur fundamentalmente a partir de Febrero y hasta Octubre, mientras que en Veracruz se presentó de Noviembre a Abril del Norte y de Mayo a Octubre osciló tanto del Norte como del Sur al igual que se encontró en Kingston para todo el periodo analizado.

En San Juan desde Agosto hasta Abril es del Sur, en Mayo y Junio es tanto del Norte como del Sur y en Julio del Norte. Los valores más frecuentes en todo el periodo analizado se encuentran entre 0 - 20 kg m⁻¹ s⁻¹ en las 4-estaciones.

Tabla 14. Distribución de frecuencia (%) de la magnitud de la componente meridional turbulenta (Q'm) del transporte horizontal de vapor de agua en toda la columna para Cayo Hueso (72201) a las 1200 GMT en el periodo 1998-1999 para: a) Noviembre-Abril y b) Mayo-Octubre.

a)

Q'm [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-10	44.90	30.61	42.37	25.42	41.18	21.57	30.43	39.13	33.96	33.96	19.15	34.04
10-20	2.04	18.37	20.34	3.38	17.65	7.84	15.23	6.52	7.55	13.21	4.26	19.15
20-30	4.08		5.08		11.75		-	6.52	3.77	1.8	6.38	14.89
30-40			3.39				-		1.89		2.13	
40-50							2.17		1.89			
50-60									1.89			

b)

Q'm [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-10	26.79	32.14	32.64	32.64	24.1	53.7	28.33	43.33	34.54	38.18	28.30	37.73
10-20	1.79	25.0	1.93	23.1	5.55	12.96	3.33	20.0	5.45	5.45	16.98	11.32
20-30		10.71		7.69	1.85	1.85		5.0	5.45	7.27	5.67	
30-40		3.57		-						1.82		
40-50				1.93						1.82		
50-60												

Tabla 15. Distribución de frecuencia (%) de la magnitud de la componente meridional turbulenta (Q'm) del transporte horizontal de vapor de agua en toda la columna para San Juan (78526) a las 1200 GMT en el periodo 1998-1999 para: a) Noviembre-Abril y b) Mayo-Octubre.

a)

Q'm [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-10	20.0	34.55	31.03	37.93	25.0	41.07	26.92	44.38	16.39	47.54	15.38	23.08
10-20	7.27	25.45	6.90	18.97	5.36	16.07	1.92	17.30	1.64	18.03	11.54	26.92
20-30		7.27		3.45		10.71	5.76	5.77	3.28	4.92	3.85	11.54
30-40		5.45		1.72		1.79	1.92		-	-	3.85	3.85
40-50									1.64	1.64		
50-60												

b)

$Q'm$ [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-10	27.87	31.15	35.59	38.98	52.54	32.2	36.84	40.35	20.69	53.45	32.26	38.71
10-20	16.39	16.97	8.47	11.86	6.78	6.78	7.02	12.28	3.45	17.24	4.84	16.13
20-30		1.64	1.69	1.69	1.69			1.75	1.72	1.72	3.23	4.84
30-40				1.69				1.75		-		
40-50										-		
50-60										1.72		

Tabla 16. Distribución de frecuencia (%) de la magnitud de la componente meridional turbulenta ($Q'm$) del transporte horizontal de vapor de agua en toda la columna para Kingston (78397) a las 1200 GMT en el período 1998-1999 para: a) Noviembre-Abril y b) Mayo-Octubre.

a)

$Q'm$ [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-10	27.27	30.30			21.95	21.95	23.91	19.57	26.92	19.23		
10-20	12.12	18.18			19.51	9.76	8.70	15.22	19.23	7.69		
20-30	3.03	3.03			12.2	2.44	8.70	6.52		15.38		
30-40	3.03	-			4.88	2.44	4.35	6.52		3.85		
40-50		3.03				-	4.35	2.17		7.69		
50-60						2.44						
60-70						2.44						
70-80												

b)

$Q'm$ [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-10	33.33	30.77	29.17	35.42	37.93	31.03	48.0	4.0	24.24	39.39	42.85	26.19
10-20	12.82	15.38	14.58	18.75	20.69	6.90	8.0	4.0	9.09	18.18	11.90	11.90
20-30	5.13	2.56		2.08	3.45		4.0	12.0	-	6.06	2.38	2.38
30-40								4.0	3.03			2.38
40-50								-				
50-60								8.0				
60-70								4.0				
70-80								4.0				

Tabla 17. Distribución de frecuencia (%) de la magnitud de la componente meridional turbulenta ($Q'm$) del transporte horizontal de vapor de agua en toda la columna para Veracruz (76692) a las 1200 GMT en el período 1998-1999 para: a) Noviembre-Abril y b) Mayo-Octubre.

a)

$Q'm$ [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-10	30.0	22.5	25.0	25.0	30.95	23.81	48.0	16.0	17.78	26.67	17.65	20.59
10-20	27.5	5.0	16.67	5.56	7.14	7.14	20.0	12.0	15.56	17.78	23.53	14.71
20-30	5.0	10.0	16.67	5.56	19.04	4.76	4.0		6.67	8.89	2.94	2.94
30-40			2.78		2.38	2.38			6.67		11.76	
40-50			2.78		-						5.88	
50-60					2.38							

b)

Q'm [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
0-10	18.18	30.30	19.51	34.15					38.64	36.36	40.0	35.0
10-20	9.09	18.18	4.88	7.32					6.82	15.92	5.0	7.5
20-30	6.06	9.09	9.76	7.32						2.27	-	10.0
30-40		6.06	4.88	-							2.5	
40-50		-		2.44								
50-60		3.03										

Intensidad del Transporte Horizontal del vapor de Agua

La intensidad (Q) del THVA presenta características similares en las 4 estaciones (Tablas 18 a-d), presentando sus valores más frecuentes por debajo 300 kg. m⁻¹ s⁻¹,

incrementándose entre los meses de Junio a Octubre, alcanzando en algunos casos más del 20 % entre 300 y 400 kg. m⁻¹ s⁻¹ e inclusive valores de Q entre 400 y 500 kg. m⁻¹ s⁻¹. En Camagüey, Roque et al. (1998), se obtuvieron valores similares.

Tabla 18. Distribución de frecuencia (%) de la magnitud de la Intensidad (Q) del transporte horizontal de vapor de agua en toda la columna para: a) Cayo Hueso (72201), b) San Juan (78526), c) Kingston (78397) y d) Veracruz (76692) a las 1200 GMT en el período 1998-1999.

a)

Q [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	E	F	M	A	Y	J	L	G	S	O	N	D
0-100	25.0	32.61	31.48	31.91	41.07	28.85	12.96	18.33	9.09	24.53	26.0	22.03
100-200	32.69	17.39	38.89	36.17	35.71	42.31	31.48	30.0	25.45	26.42	42.0	45.76
200-300	19.23	23.91	18.52	19.15	12.5	23.07	35.19	28.33	20.0	24.53	22.0	23.73
300-400	11.54	10.87	3.70	12.77	7.14	3.85	18.52	18.33	18.18	20.75	6.0	8.47
400-500	7.69	6.52	3.70		1.79	1.92	-	5.0	12.72	1.89	2.0	
500-600	1.92	2.17	1.85		1.79		1.85		7.3	1.89	2.0	
600-700	-	6.52	-						3.63			
700-800	-		1.85						-			
800-900	1.92								3.63			

b)

Q [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	E	F	M	A	Y	J	L	G	S	O	N	D
0-100	8.77	29.41	22.41	21.4	31.14	7.0			5.26	1.62	12.96	8.33
100-200	26.31	47.06	51.72	57.14	32.79	17.54	5.8	8.47	26.31	41.94	21.48	16.67
200-300	38.59	13.73	18.97	3.57	27.87	31.57	22.03	33.90	31.58	30.65	25.92	30.0
300-400	22.8	9.80	5.17	17.86	8.20	29.82	44.06	40.68	26.32	12.90	18.51	25.0
400-500	3.51		1.72			10.52	23.72	10.17	7.02	9.68	5.56	15.0
500-600				-		1.75	1.69	3.39	1.75		1.85	5.0
600-700						1.75	1.69		1.75	1.62	1.85	
700-800							1.69	1.69		1.62		
800-900								1.69			1.85	

c)

Q [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	E	F	M	A	Y	J	L	G	S	O	N	D
0-100	30.43	22.5	44.53		24.0	10.0	18.75	30.0	11.76	7.14	24.24	
100-200	21.74	40.0	20.69		32.0	22.0	6.25	30.0	32.35	16.67	33.33	
200-300	21.74	22.5	20.69		10.0	14.0	15.63	26.67	26.47	35.71	21.21	
300-400	17.39	5.0	10.34		8.0	32.0	21.88	10.0	17.65	26.19	15.15	
400-500	8.69	5.0	3.44		24.0	14.0	28.12	3.3	5.88	4.76	-	
500-600		5.0	3.44		2.0	4.0	3.12		-	4.76	6.06	
600-700						4.0	-		2.94	2.38		
700-800							3.12		2.94	2.38		
800-900							3.12					

d)

Q [kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	E	F	M	A	Y	J	L	G	S	O	N	D
0-100	2.32	55.55	51.35	25.64	47.36	22.22			12.76	12.82	30.0	45.94
100-200	44.19	25.92	27.02	48.71	36.84	44.44			40.42	30.77	47.5	40.54
200-300	20.93	14.82	18.92	20.51	13.16	17.78			25.53	20.51	15.0	8.11
300-400	6.98	3.70	2.70	5.13	2.63	6.67			14.89	23.07	2.5	5.0
400-500	2.32					8.88			2.13	5.13	5.41	
500-600	-								4.25	7.69		
600-700	2.32											
700-800												
800-900												

Conclusiones

El análisis de la Información aerológica para el estudio del transporte del vapor de agua en las estaciones de Cayo Hueso, San Juan, Kingson y Veracruz en el bienio 1998-1999, arrojó las siguientes conclusiones:

- 1- La componente zonal advectiva del transporte horizontal de vapor de agua es, en la mayor parte del año del Este para todas las estaciones, exceptuando los meses de Enero-Abril en que es del Oeste, estando por lo general sus valores por debajo de 500 kg.m⁻¹.s⁻¹ en el período Mayo-Octubre. Para la estación de Veracruz tanto la componente Este y Oeste del transporte horizontal de vapor de agua estuvieron en todo el período por debajo de los 200 kg.m⁻¹.s⁻¹.
- 2- La componente meridional advectiva fue débil en todo el período y en todas las estaciones, presentando fundamentalmente sus mayores frecuencias de rumbo Sur de Mayo-Octubre con valores por debajo de 100 kg.m⁻¹.s⁻¹. De Noviembre a Abril es variable con transiciones de Norte a Sur y de Sur a Norte con valores también más frecuentes por debajo de 100 kg.m⁻¹.s⁻¹.
- 3- El aporte de la componente turbulenta al transporte de vapor de agua es despreciable cuando se trabaja con escalas de tiempo que van desde meses hasta años.

Referencias

AREFEV, N., V. I. BASILEV, A. F. NERUSHEV, L. U. PETROVA, S. A. SOKOLENKO, V. P. USTINOV, A. ARRIBA, M. BALLESTER, A. MORENO, P. REYES, 1987: Investigaciones del contenido integral de vapor de agua en la atmósfera de Cuba. Trudi del Tercer Simposio Internacional de Meteorología Tropical. Editora Hidrometeorológica. Leningrado, pp 455-463.

GARCIA A, M. CARDENAS, I. SUÁREZ Y D. PEREZ, 1989: Anticiclón subtropical del Atlántico Norte. Su relación con las precipitaciones y flujo de vapor de agua. Revista Cubana de Meteorología, INSMET, ACC, vol. 2, No. 1, pp 50-53.

HASTENRATH, S., 1996a: On general circulation and energy budget in the Central America Seas. J. Atmos. Sci, vol. 23, No. 6, pp 694-712.

—————1996b: The flux of atmospheric water vapor over the Caribbean Seas and Gulf of Mexico. J. of App. Meteor. Vol. 5, No. 6, pp 778-788

IPCC, 1995: Climate Change. The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, University Press, 660 pp.

KHATEP, M., B. B. FITZHARRIS AND W. E. BARDSLII, 1984: Water vapor transfer over the Southwest Pacific: mean Patterns and variations during wet and dry periods: M.W.R. Vol. 12, pp 1960-1975.

LAPINEL, B., 1988: La Circulación Atmosférica y las características espaciales temporales de las lluvias en Cuba. Tesis de Grado para Candidato a Doctor en Ciencias Geográficas. Cuba. Instituto de Meteorología. ACC

PÉREZ, D Y L. AMARO, 1985: Contenido integral de vapor de agua durante la expedición soviético-cubana en el mar Caribe en el año 1981. Trudi del II Simposio Internacional, Met. Tro. Editora Hidrometeorológica. Leningrado, pp 180-183.

PÉREZ, D., I. SUAREZ Y A. GARCIA, (1990). Contenido integral de vapor de agua sobre Camagüey. Revista Cuabana de Meteorología. INSMET. ACC, vol. 3, No. 1, pp 42-47.

RAMUSSON, 1967: Atmospheric water vapour transport and the water balance of North America. M:W:R. 95, pp 403-426.

ROQUE, A., D. PÉREZ, L.E. ROMÁN, R. BÁEZ, 1998: Análisis del Contenido Integral de Vapor de Agua sobre Camagüey. Importancia para los estudios del Cambio Climático. Informe científico - técnico. CFA. INSMET, 30 pp.

ROQUE, A., D. PÉREZ, I. RIVERO, L. MUÑIZ, R. BÁEZ, 2002: Estudio del Contenido Integral de Vapor de Agua en la zona comprendida entre los 17 y 25 grados latitud norte y los 66 y 97 grados longitud oeste. Rev. Cub. Met., Vol. 9, No. 1, pp 3-11.

ROSS, R. J., W. P ELLIOTT, 1996a: Tropospheric precipitable water: A Radiosonde-Based Climatology. NOAA Technical Memorandum ERL ARL-219.

—————, **1996b:** Tropospheric water vapor climatology and trends over North America: 1973-93. Reprinted from Journal of Climate, vol. 9, No. 12, December 1996. Amer. Meteor. Soc.

ROSSEN, D. AND D. A. SALSTEIN, 1979: Variability in the annual field of large scale atmospheric water vapor transport. M.W.R. Vol. 107, pp 26-37.

STARR, V.P. and J.P. PEIXOTO, 1958: On the global balance of water vapor and the hydrology of deserts, Tellus, vol. 10, pp 188-194.

W.M.O, 1973: Atmospheric Vapor Flux computations for hydrological purposes. Project IGY (1957). CT 0226 A, no. 357, 83 pp.

Abstract

The main purpose of this paper was the study of the horizontal of water vapor in a tropical region close to Cuba. In order to make this study the aerological information coming from the radiosounding made in some stations of the north tropic was processed. In this article it is shown that the advective component of horizontal transport of water vapor is much higher than turbulent one, indicating there is little contribution of last component to total horizontal transport of water vapor when working with temporal scales between one month until several years. The advective zonal component is higher than the southern one, but both components are of the same order that those are of the same order that those founded in years before.

Key words: water vapor