

Estudio del contenido integral de vapor de agua en la zona tropical comprendida entre los 17° y 25° latitud norte y los 66° y 97° longitud oeste

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: roque_alfredo@hotmail.com

Resumen.

El presente trabajo tuvo como objetivo principal el estudio del contenido integral de vapor de agua en una región del trópico cercana a Cuba, posterior al año 1995, mediante el procesamiento de la información aerológica proveniente de los radiosondeos realizados en algunas estaciones del trópico norte, zona que como se sabe por resultados de diversos autores ha tenido el incremento más significativo del vapor de agua en los últimos años. El resultado permite apreciar que si bien no se observa un aumento en el contenido integral de vapor de agua en el bienio 1998-99, tampoco se observa una disminución notable de este parámetro. El análisis de los 2 años por separados mostró que los valores del contenido integral de vapor de agua para el año 1998 fueron superiores a los del año 1999, principalmente para la estación Cayo Hueso, quizás atribuido a la influencia sobre el área de estudio del evento ENOS en el primer semestre del año 1998.

Introducción

El último informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de 1995 (IPCC), permitió ver la inmensa mayoría de los elementos que son necesarios para estudiar y analizar las diversas aristas que constituye este fenómeno.

Entre los distintos temas tratados con el fin de llamar la atención sobre los mismos está el concerniente al estudio de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y su repercusión sobre el clima. Precisamente estas emisiones, las cuales se incrementaron ostensiblemente durante el pasado siglo, están ejerciendo su influencia sobre la temperatura de la tierra, provocando un aumento de la misma, la cual repercute negativamente sobre el clima.

Uno de los problemas que acarrea este aumento es el de incrementar sustancialmente la evaporación y por tanto el vapor de agua en la atmósfera, el gas de efecto invernadero más fuerte que existe, esto a su vez amplifica dicho efecto, incrementando más aún la temperatura, provocando una retroalimentación o feedback positivo.

El IPCC de 1995 aborda esta temática basándose fundamentalmente en los resultados más significativos encontrados hasta ese momento por la comunidad científica, entre los que se encuentran los de Gutzler 1992, Gaffen 1992 y Elliot et al., 1995.

Entre los principales resultados mostrados en el Informe del IPCC del año 1995 acerca de esta temática se encuentra el hecho de que incrementos en la evaporación han venido acompañados de incrementos en la temperatura y viceversa para gran parte del planeta, pero fundamentalmente en los trópicos, donde se encontraron las estaciones con tendencia positiva de este incremento con mayor significación estadística.

El resultado más significativo al respecto sobre esta temática es el trabajo de Elliott y Ross (1995) y en el que se detallan como principales resultados el incremento de más de 2mm/década del agua precipitable o lo que es lo mismo de 0.2 g/cm²/década de vapor de agua para el área del Caribe disminuyendo a valores muy próximos a cero en las medias y altas latitudes septentrionales.

Aunque todavía no se puede afirmar con seguridad lo que significará el cambio climático en forma detallada, existe un amplio consenso entre los principales científicos especialistas sobre el clima, en cuanto a la probable serie de consecuencias de los cambios climáticos mundiales y regionales, entre los que se encuentran la elevación de la temperatura media global entre 1° C y 3.5 ° C para el año 2100, la elevación del nivel del mar y un aumento de los fenómenos meteorológicos extremos (IPCC, 1995).

Por tanto resulta imprescindible continuar profundizando en el análisis sobre las causas y efectos que sobre el clima están ejerciendo las actividades humanas.

Uno de los pasos fundamentales, que sigue al respecto es el monitoreo de todas las emisiones de gases de efecto invernadero, su repercusión en la temperatura media de la tierra y de esta sobre la evaporación, cuyas consecuencias debido a su aumento ya fueron explicadas al inicio de la introducción.

Los últimos estudios publicados sobre esta temática del cual tengan noticias los autores, es además del ya mencionado trabajo de Elliott y Ross, otro realizado por los mismos autores en el año 1996 (Ross y Elliott, 1996) y el realizado entre los años 1988-1994 por el Proyecto NASA y que se dio a conocer también en el año 1996 (NAV, 1996).

Por tanto este trabajo tiene como objetivos: Estudiar el comportamiento del vapor de agua en una zona del trópico cercana a Cuba y en un período posterior al año 1995, comparando los resultados con los históricos encontrados por otros autores para la misma región y con los hallados para la provincia de Camagüey (Roque et. al., 1998).

A pesar de contar con solo 2 años de datos, estos tuvieron características singulares desde el punto de vista climático para el área que se propone estudiar,

y particularmente para Cuba. En la década de los años 90 las afectaciones ocurridas en los veranos de 1993, 1994, 1998 y 2000 fueron muy notables, siendo el suceso de 1998 el más intenso para el período abril-mayo-junio registrado en las estadísticas del Centro del Clima disponibles desde el año 1941 (Lapinel B. et al., 1998).

Materiales y Métodos

Como se dijo en la introducción 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 correspondientes a las estaciones del área 72201, 78526, 78397 y 76692, correspondientes a las regiones de la Florida (Cayo Hueso), Puerto Rico (San Juan), Jamaica (Kingston) y México (Veracruz). La figura 1, muestra la posición geográfica de cada una de ellas, mientras la Tabla 1, además de las coordenadas de cada estación muestra también los meses utilizados en el análisis (señalados con *).

Los meses faltantes en las estaciones 78397 y 76692, eran o porque no tenían datos correspondientes a algún año o porque los sondeos fueron rechazados por el chequeo realizado al no contar con los requisitos necesarios. Un mes era considerado válido si tenía al menos 10 días con observación y no

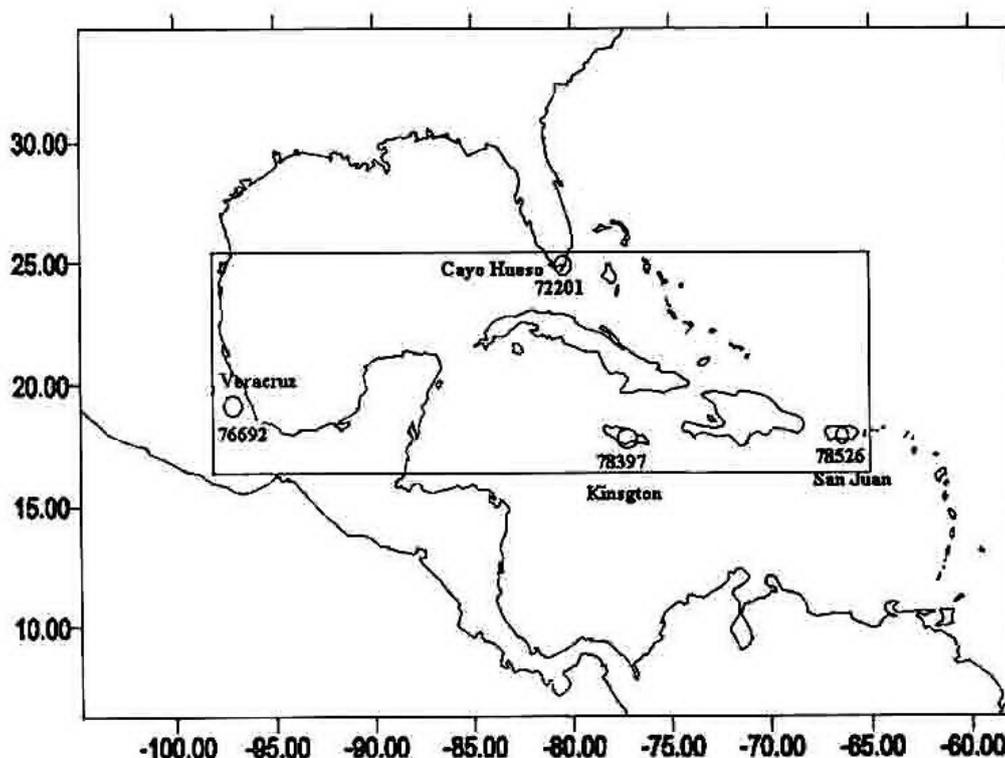


Fig. 1. Mapa donde se señalan las estaciones utilizadas en el estudio: Cayo Hueso (72201), San Juan (78526), Kingston (78397) y Veracruz (76692). El rectángulo encierra la zona de estudio.

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	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*

Tabla 1. Posición geográfica de las estaciones utilizadas y meses utilizados en el Informe.

más de 5 días consecutivos sin que hubiera observación (Ross y Elliott, 1996). 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.

Cálculo del contenido integral de vapor de agua o de agua precipitable (w).

El principal parámetro para el cálculo de w en este trabajo fue la humedad específica q, expresada en g/kg, calculada para las diferentes superficies isobáricas seleccionadas, por lo que la relación entre w y q viene expresada por la relación,

$$w = \frac{1}{g} \int_{P_0}^{P_n} q dp \quad (1)$$

Donde P_0 - presión en superficie

P_n - presión final del límite superior de las n capas seleccionadas.

g- aceleración de la gravedad, tomada como 9,8 m/s².

q- humedad específica media de las capas seleccionadas.

w- se expresa en g/cm²

Cuya integración asume un comportamiento lineal de q entre dos niveles ($i, i+1$) de presión. En la práctica w se calcula

$$w = \frac{1}{g} \left[\frac{(q_i + q_{i+1})}{2} \right] (P_i - P_{i+1}) \quad (2)$$

La información fue agrupada en los períodos Noviembre-Abril y Mayo-Octubre, para facilitar su comparación con los resultados obtenidos para Camagüey y con los obtenidos por Ross y Elliott.

Comportamiento estacional del vapor de agua en la zona de estudio.

La Tabla 1.1 (a-d) muestra los valores medios del Contenido de Integral de Vapor de Agua para las estaciones analizadas, cuyos valores mínimos se encuentran en el período Noviembre - Abril, mientras que los valores máximos se encuentran en el período Mayo - Octubre. La oscilación anual de este parámetro es similar a la encontrada para Camagüey (Roque et al., 1998), como se muestra en la figura. 1.

a)

Estación 201	N	D	E	F	M	A	Y	J	L	G	S	O
Sondeos Procesados	50	59	52	48	54	47	56	50	54	60	45	53
W_{med}	3.23	2.94	3.01	2.83	2.68	2.98	3.67	4.43	4.71	5.13	5.01	4.14
DS	0.95	0.93	0.89	0.75	0.71	0.71	1.08	0.58	0.63	0.49	0.78	1.07
W_{med} período	2.95						4.52					
W_{med} anual	3.73											

b)

Estación 526	N	D	E	F	M	A	Y	J	L	G	S	O
Sondeos Procesados	55	60	57	51	58	56	61	57	59	59	58	62
w_{med}	4.53	3.90	3.67	3.37	3.71	4.06	4.46	4.70	4.71	4.83	4.84	5.0
DS	0.73	0.98	0.64	0.56	0.54	0.70	0.56	0.51	0.55	0.56	0.53	0.69
w_{med} período	3.87						4.64					
w_{med} anual	4.26											

c)

Estación 397	N	D	E	F	M	A	Y	J	L	G	S	O
Sondeos Procesados	33		46	41	37		40	50	34	30	34	42
w_{med}	4.42		3.80	3.27	3.88		4.41	4.54	4.52	4.75	5.37	5.29
DS	1.12		0.62	0.67	0.58		0.79	0.65	0.64	0.62	0.80	0.67
w_{med} período	3.84						4.81					
w_{med} anual	4.32											

d)

Estación 692	N	D	E	F	M	A	Y	J	L	G	S	O
Sondeos Procesados	40	37	43	34	49	39	39	45			47	40
w_{med}	3.56	3.22	3.11	2.60	3.16	3.54	3.60	4.88			5.48	4.60
DS	1.01	0.65	0.60	0.57	0.64	0.68	0.70	0.78			0.83	1.89
w_{med} período	3.20						4.64					
w_{med} anual	3.92											

Tabla 1.1. Valor medio del Contenido Integral de Vapor de Agua para las estaciones: a) Cayo Hueso (201), b) San Juan (526), c) Jamaica (397) y d) Veracruz (692) a las 1200 GMT durante el período 1998-1999.

En el valor para los períodos Noviembre-Abril y Mayo-Octubre y el anual mostrado en las tablas para las estaciones Kingston (397) y Veracruz (692), debe tenerse en cuenta que algunos meses presentan ausencias de datos que sin duda alguna afectarían el valor reportado, sobre todo para la estación de Veracruz, cuyos meses faltantes, julio y agosto constituyen meses de elevado contenido de humedad para nuestra región. En Camagüey (Roque, 1998) el valor

histórico durante el período Noviembre-Abril fue 3.77 g/cm², mientras que en el período Mayo-Octubre fue de 4.83 g/cm², para un valor anual de 4.30 g/cm², valores similares a los encontrados en el período analizado para la estación de San Juan.

Al comparar los resultados obtenidos con los históricos (RE) encontrados por Ross y Elliott (1996 a), se presentan algunas diferencias especialmente en las estaciones de Cayo Hueso y Veracruz (Tabla 1.2)

Estación	1998	1999	Promd. 98/99	RE (Histórico)
	3.83	3.61	3.73	3.54
	4.33	4.2	4.26	4.30
	4.37	4.29	4.32	4.32
	4.16	3.76	3.92	4.26

Tabla 1.2 . Valores anuales del contenido integral de vapor de agua en la zona de estudio durante los años 1998-1999 y su correspondiente valor histórico a las 1200 GMT.

Mientras que las estaciones San Juan y Kingston tuvieron valores similares a los históricos, Cayo Hueso estuvo por encima de su media histórica con 0.23 g/cm², valor apreciable si se toma en cuenta que está en el orden de la razón de incremento del vapor de agua por década encontrados por Ross y Elliott (1996 a) y que es de 0.2 g/cm². Igualmente para Veracruz, si bien es cierto que los meses faltantes deberían elevar más su valor anual, este no debe sobrepasar su valor histórico, para el período analizado, lo que haría que esta estación conjuntamente con Kingston, estuvieran por debajo de su media histórica.

Al comparar los valores anuales por separado, es decir 1998 y 1999, estos presentaron como característica principal, que en el año 1998, los valores fueran superiores a los reportados para el año 1999 en todas las estaciones y estos fueron superiores o del mismo orden con respecto a su media histórica,

quizás vinculado a los últimos efectos durante el primer semestre de 1998 del evento ENOS. Sin embargo, a pesar de ser el período Noviembre 1997-Marzo 1998 lluvioso se presentó una sequía severa a partir de Abril que se extendió hasta el mes de Junio de ese mismo año, lo cual refuerza la hipótesis de la ausencia de los mecanismos generadores de lluvias en las precipitaciones durante la sequía, aspectos estos que fueron tratados por Lapinel, 1999.

Resulta llamativo también el hecho de que la estación de Cayo Hueso en el año 1999 su promedio anual estuvo también por encima de su media histórica, no siendo así para las demás estaciones, aunque principalmente para la estación de Veracruz, la cual presentó una disminución de alrededor de 0.3 g/cm², quizás también vinculado al evento AENOS presente durante ese año.

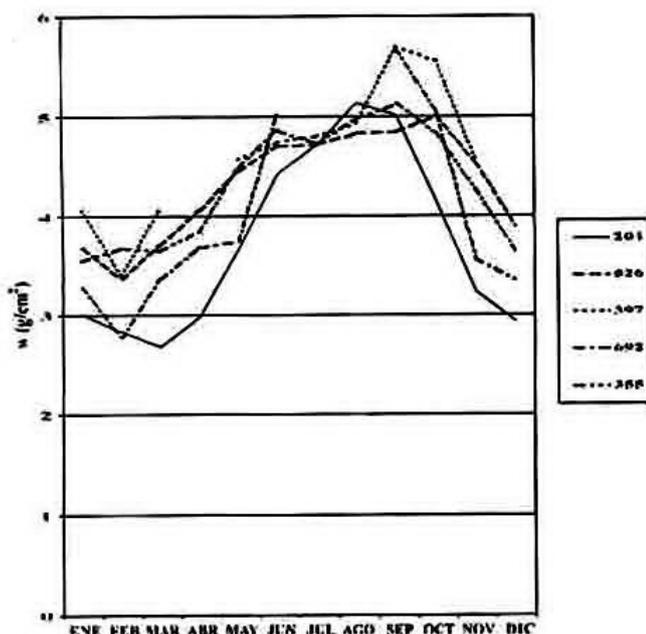


Fig.1.1. Oscilación anual del contenido integral de vapor de agua para las estaciones: Cayo Hueso (201), San Juan (526), Kingston (397) y Veracruz (692). Período 1998-99 y Camagüey (355) para el período 1981-1995. 1200 GMT.

Al igual que para Camagüey los valores mínimos medios del contenido integral del vapor de agua para las distintas estaciones se alcanzan entre los meses de Enero - Marzo y dada la posición geográfica de ellos, los valores para la zona de estudio disminuyen hacia la zona del Golfo de México.

La oscilación anual presentó a partir de Abril un incremento sostenido que alcanzó su máxima amplitud en los meses de verano, provocando que la zona

de estudio se encontrase bajo la influencia de una intensa humedad con respecto al período Noviembre - Abril, con valores medios del contenido de vapor de agua por encima de 4,5 g/cm³ e incluso en algunos meses por encima de 5 g/cm³, valores que solo son superados por los que se alcanzan en la zona tropical del Océano Pacífico (NAV, 1996).

Distribución vertical de w durante el período 98-99

La distribución vertical de este parámetro para las estaciones analizadas se muestra en la tabla 1.3 (a - d). En ella se observa que el ciclo anual encontrado en toda la columna se manifiesta aquí también, con los valores más altos alrededor de los meses de verano.

a)

Est 201	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Sup-950	0.84	0.78	0.79	0.91	1.07	1.21	1.25	1.24	1.18	1.09	0.95	0.91
950-900	0.50	0.48	0.45	0.54	0.60	0.71	0.74	0.79	0.77	0.67	0.57	0.52
900-850	0.38	0.37	0.34	0.38	0.45	0.53	0.55	0.62	0.61	0.53	0.43	0.38
850-800	0.33	0.34	0.27	0.29	0.39	0.48	0.51	0.58	0.57	0.49	0.38	0.34
800-750	0.24	0.23	0.22	0.22	0.28	0.37	0.39	0.44	0.42	0.36	0.27	0.22
750-700	0.18	0.17	0.14	0.15	0.20	0.28	0.28	0.34	0.32	0.26	0.17	0.14
700-600	0.27	0.25	0.23	0.25	0.33	0.46	0.48	0.56	0.53	0.38	0.24	0.22
600-500	0.14	0.10	0.12	0.12	0.18	0.30	0.26	0.30	0.31	0.19	0.10	0.11
500-400	0.08	0.07	0.07	0.07	0.11	0.18	0.16	0.17	0.19	0.11	0.07	0.06
400-300	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.07	0.09	0.05	0.04	0.03
300-200	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
200-100	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

b)

Est 526	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Sup-950	1.02	0.94	1.0	1.04	1.14	1.23	1.24	1.23	1.20	1.18	1.08	1.03
950-900	0.66	0.60	0.63	0.69	0.71	0.76	0.76	0.80	0.79	0.79	0.74	0.67
900-850	0.50	0.48	0.49	0.54	0.56	0.59	0.62	0.63	0.60	0.61	0.59	0.54
850-800	0.46	0.42	0.44	0.48	0.53	0.53	0.56	0.58	0.57	0.58	0.56	0.49
800-750	0.29	0.25	0.29	0.34	0.38	0.37	0.38	0.41	0.42	0.45	0.40	0.39
750-700	0.19	0.16	0.21	0.26	0.27	0.30	0.29	0.30	0.33	0.34	0.32	0.22
700-600	0.28	0.25	0.32	0.37	0.43	0.48	0.44	0.47	0.50	0.53	0.47	0.32
600-500	0.12	0.12	0.15	0.16	0.22	0.26	0.23	0.23	0.26	0.29	0.23	0.13
500-400	0.07	0.07	0.09	0.10	0.13	0.14	0.12	0.12	0.14	0.16	0.12	0.08
400-300	0.03	0.03	0.05	0.04	0.07	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.04	0.04
300-200	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
200-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

c)

Est 397	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Sup-950	1.0	0.91	1.01		1.05	1.08	1.10	1.13	1.13	1.13	1.04	
950-900	0.65	0.60	0.68		0.72	0.74	0.74	0.76	0.77	0.78	0.70	
900-850	0.54	0.48	0.53		0.58	0.60	0.61	0.60	0.64	0.65	0.58	
850-800	0.50	0.43	0.48		0.54	0.56	0.57	0.58	0.62	0.63	0.55	
800-750	0.35	0.28	0.36		0.39	0.36	0.28	0.42	0.43	0.42	0.39	
750-700	0.24	0.17	0.25		0.28	0.29	0.26	0.29	0.37	0.38	0.30	
700-600	0.31	0.23	0.33		0.45	0.47	0.47	0.51	0.67	0.68	0.50	
600-500	0.10	0.09	0.13		0.20	0.24	0.24	0.24	0.37	0.32	0.21	
500-400	0.06	0.05	0.07		0.12	0.13	0.16	0.14	0.25	0.20	0.10	
400-300	0.04	0.02	0.03		0.06	0.06	0.07	0.06	0.10	0.08	0.04	
300-200	0.01	0.01	0.01		0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	
200-100	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	

d)

Est 692	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Sup-950	0.83	0.77	0.87	0.92	1.03	1.13			1.02	0.94	0.90	0.84
950-900	0.54	0.49	0.56	0.60	0.63	0.75			0.73	0.61	0.54	0.50
900-850	0.42	0.41	0.46	0.50	0.51	0.61			0.63	0.54	0.45	0.42
850-800	0.37	0.33	0.41	0.41	0.47	0.59			0.61	0.52	0.41	0.38
800-750	0.27	0.20	0.21	0.29	0.28	0.44			0.50	0.39	0.29	0.27
750-700	0.22	0.11	0.18	0.21	0.18	0.34			0.41	0.35	0.24	0.23
700-600	0.29	0.18	0.29	0.37	0.28	0.54			0.72	0.57	0.37	0.37
600-500	0.07	0.05	0.10	0.15	0.13	0.26			0.44	0.34	0.20	0.22
500-400	0.05	0.03	0.05	0.06	0.05	0.15			0.27	0.22	0.11	0.06
400-300	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05			0.11	0.09	0.04	0.02
300-200	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02			0.04	0.04	0.01	0.01
200-100	0.01	0	0	0	0	0			0	0	0	0

Tabla 1.3. Distribución vertical del contenido integral de vapor de agua (w) en las estaciones: a) Cayo Hueso (201), b) San Juan (526), c) Kingston (397) y d) Veracruz (692). Período 1998-99. 1200 GMT.

Puede apreciarse que en la capa Sup - 850 hPa, para todas las estaciones se encuentra más del 50% de w , lo cual implica que la mayor absorción de radiación infrarroja por toda la columna se produce en esta capa. Las cantidades de w por encima de los 500 hPa es una característica típica de la zona tropical.

Para facilitar la comparación con los resultados alcanzados por Ross y Elliott y los hallados para el

área de estudio, la distribución vertical se concentró en 3 capas: Sup - 850 hPa, 850 - 700 hPa, y 700 - 500 hPa.

La fig. 1.2 muestra de manera integral los resultados alcanzados tanto por Ross y Elliott (RES850, RE8570 y RE7050) y los de la zona de estudio para el periodo 1998 - 1999. En ello se muestra la gran correspondencia alcanzada entre los valores de las diferentes muestras.

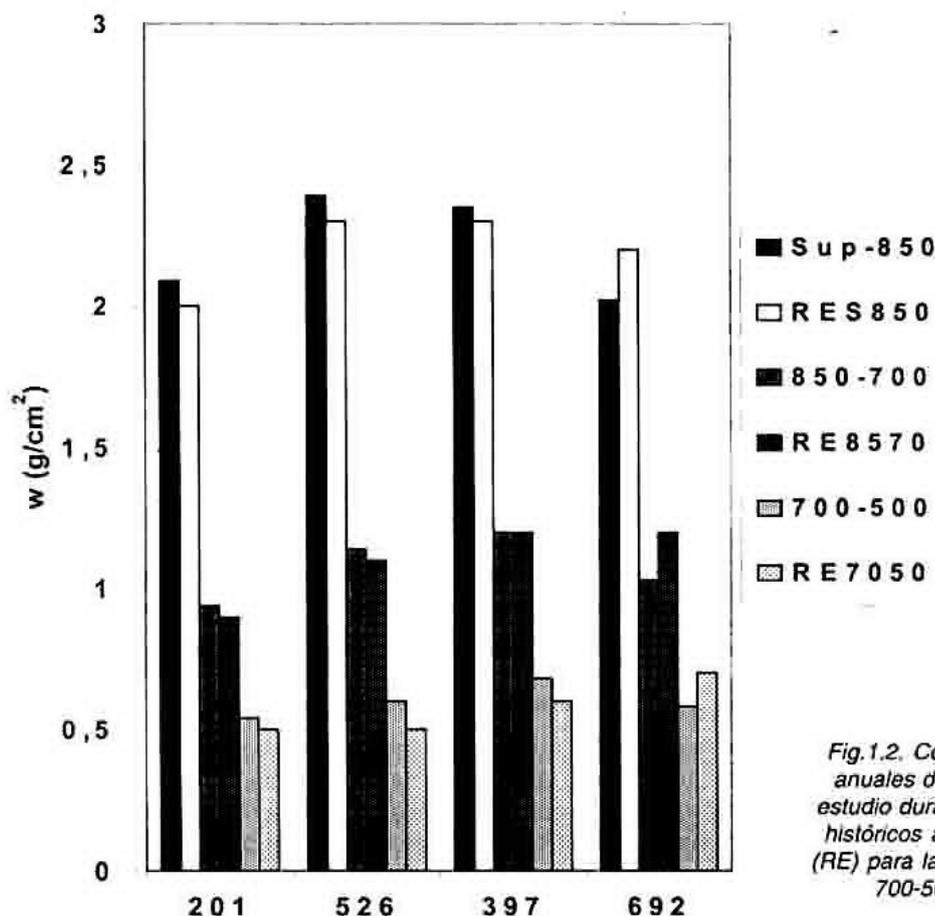


Fig.1.2. Comparación entre los valores anuales de w obtenidos en la zona de estudio durante el bienio 1998-1999 y los históricos alcanzados por Ross y Elliott (RE) para las capas: Sup-850, 850-700 y 700-500 hPa a las 1200 GMT.

En Camagüey los resultados fueron 2.04, 1.18 y 0.75 g/cm² para las capas Sup-850, 850-700 y 700-500 hPa, respectivamente, los que como se aprecian están en correspondencia con los resultados anteriores.

Por último se calculó qué por ciento de w existente en las capas 850-500, 850-700 y 700-500 hPa, se encuentra contenido en la capa Sup-500 hPa. Los resultados se muestran en la Tabla 1.4 a-c

a) **% de w en la capa Sup – 850 con respecto a la capa Sup – 500 hPa**

Est.	E	F	M	A	Y	J	L	G	S	O	N	D	A	RE
201	59.7	59.9	61.7	64.0	60.6	56.5	57.0	54.4	54.4	57.7	63.0	63.7	59.4	59
526	61.9	62.7	60.1	58.5	56.8	57.1	58.0	57.2	55.4	54.1	54.9	60.2	58.1	59
397	59.3	62.4	58.9	-	56.0	56.0	57.4	55.0	51.0	51.3	54.3	56.6	56.2	58
692	59.5	66.0	61.4	59.0	61.8	53.4	-	-	47.0	49.1	55.6	58.1	56.4	54
355														52

b) **% de w en la capa 850 – 700 con respecto a la capa Sup- 500 hPa**

Est.	E	F	M	A	Y	J	L	G	S	O	N	D	A	RE
201	26.0	27.2	24.6	23.1	24.9	26.0	26.5	28.0	27.8	28.0	26.4	24.7	26.1	26
526	26.7	25.8	26.6	27.8	27.8	26.5	27.2	27.7	28.3	28.7	29.2	28.0	27.5	27
397	29.5	27.6	29.0	-	28.7	28.0	26.0	28.5	28.4	28.7	28.3	-	28.4	28
692	28.6	25.2	25.9	26.4	26.5	29.4	-	-	30.0	29.6	27.6	29.0	27.9	29
355														29

c) **% de w en la capa 700 – 500 hPa con respecto a la capa Sup- 500 hPa**

Est.	E	F	M	A	Y	J	L	G	S	O	N	D	A	RE
201	14.2	12.9	13.7	12.9	14.6	17.5	16.6	17.7	17.8	14.4	10.9	11.6	14.6	15
526	11.4	11.5	13.3	13.7	15.3	16.4	14.8	15.0	16.3	17.2	15.9	11.8	14.4	13
397	11.1	10.3	12.2	-	15.4	16.4	16.2	16.6	20.8	20.0	16.6	-	15.0	14
692	12.0	9.0	12.7	15.1	11.7	17.2	-	-	22.9	21.4	16.7	12.9	15.0	17
355														18

Tabla 1.4. Por ciento de vapor de agua (w) contenido en las capas: a) Sup-850 hPa, b) 850-700 hPa y 700-500 hPa con respecto a la capa Sup-500 hPa. RE, valores históricos.

En la misma se aprecia que entre el 55 - 60 % del contenido de vapor de agua de la capa Sup-500 hPa se encuentra entre Sup - 850 hPa, entre el 25 - 29 % en la capa 850-700 hPa y alrededor del 15% en la capa 700-500 hPa.

De igual manera, la comparación con los resultados hallados por Ross y Elliott (RE) y los encontrados para Camagüey, demuestran bastante similitud, lo que nos lleva a concluir, que los valores medios del contenido integral del vapor de agua durante el período 98 - 99, para la zona de estudio, no se diferenciaron mucho de sus correspondientes valores medios históricos, calculados a partir del año 1973. Esto significa que, si bien no se observa una disminución del vapor de agua en la zona de estudio, tampoco se observa un incremento notable del mismo en el período analizado, aunque en el mismo trabajo de Ross y Elliott, a pesar de que se demostró una tendencia positiva hacia el incremento del vapor de

agua en las estaciones del trópico, esto fue solo de 2mm /década, es decir 0.2 cm³/década, lo cual hace que cualquier incremento o disminución pueda quedar oculto por la escala de tiempo con que se realizó este trabajo.

Conclusiones

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

1. Los valores del contenido integral de vapor de agua en la región de estudio permitieron inferir, que para nuestro país, los valores aproximados estuvieron entre 3.5 y 4 g/cm² para el período Noviembre - Abril y entre 4.5 y 5 g/cm² para el período Mayo - Octubre durante el bienio 1998-1999.

2. El incremento del vapor de agua en toda la columna en el año 1998 con respecto al año 1999 en todas las estaciones advirtió la posibilidad de que estuviese influenciado por los últimos efectos del evento ENOS.
3. La distribución vertical de w mostró que entre sup-850 hPa se encuentra entre el 55-60 % del contenido integral de vapor de agua existente en la capa sup-500 hPa, entre el 25-29 % se encuentra en la capa 850-700 hPa y alrededor del 15 % en la capa 700-500 hPa. Estos valores no se diferencian notablemente de los valores históricos encontrados por Ross y Elliott para la zona de estudio y tampoco con los encontrados para Camagüey.

Referencias

- BOLETINES DE LA VIGILANCIA DEL CLIMA, 1998-1999.** Centro Nacional del Clima (CNC). INSMET.
- ELLIOTT, W.P., R. J. ROSS and D.J. GAFFEN, 1995:** Water vapor trends over North America. Sixth Symposium on Global Change Studies, Amer. Meteor. Soc., Preprints, pp 185-186.
- GUZTLER, D., 1992:** Climatic variability of temperature and humidity over the Tropical Western Pacific. *Geophys. Res. Lett.*, 19, 1595-1598.
- 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.
- LAPINEL, B., et. al, 1999:** Caracterización de factores circulatorios, hídricos y energéticos asociados al comportamiento anómalo del régimen de las lluvias en Cuba. *Inf. Cient. Téc. INSMET.* Mayo 1999.
- NAVJ, 1996:** A New Global Water Vapor Dataset. *Bulletin of the AMS (BAMS)*, June, vol. 77, No. 6, NASA WATER VAPOR PROJECT.
- ROQUE, A., PÉREZ, D., RÓMÁN, L.E., BÁEZ, R., 1998:** Análisis del Contenido Integral de Vapor de Agua sobre Camagüey. Importancia para los estudios del Cambio Climático. Informe científico - técnico. CFA. INSMET.
- ROSS, R. J., ELLIOTT, W. P, 1996 a:** Tropospheric precipitable water: A Radiosonde-Based Climatology. NOAA Technical Memorandum ERL ARL-219.
- ROSS, R. J., ELLIOTT, W. P, 1996 b:** 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.
- W.M.O, 1973:** Atmospheric Vapor Flux computations for hydrological purposes. Project IGY (1957). CT 0226 A, no. 357.

Abstract

The main purpose of this paper was the study of the content of water vapor in a tropical region close to Cuba, after 1995. In order to make this study it was processed the aerological information coming from the radiosounding made in some stations of the north tropic, which according to several authors is the area that has presented the greatest increase of water vapor in the last years. The achieved results shows that there is not an increase in the content of water vapor during 1998-1999, but there is not either a significant decrease of this parameter. The analysis made showed that the values of the content of water vapor were higher in 1998 than 1999, specially in Key West station, which could be as a result of the influence of ENSO event in this area during the first semester of 1998.