

OSCILACIÓN CUASI-BIENAL (QBO) Y LA SEQUIA EN CUBA.

Autores: BRAULIO LAPINEL PEDROSO, DULCE PÉREZ BETANCOURT, VIRGEN CUTIÉ CANCINO Y CECILIA FONSECA RIVERA.

Centro Nacional del Clima, Instituto de Meteorología

Resumen:

A partir del examen de la sección espacio-temporal de las componentes zonales del viento entre 100 y 10 hPa en 0° de Latitud y 80° de Longitud Oeste, utilizando las estadísticas del NCAR/NCEP (Reanalysis System), la cual ofreció una imagen de la QBO en esta región geográfica análoga a la del Pacífico ecuatorial (WCRP-105, 1998), se valora la correspondencia entre las distintas fases y características de este proceso y la ocurrencia de déficit significativos en los acumulados estacionales de las lluvias en Cuba. Los resultados obtenidos permiten apreciar importantes coincidencias entre las fases del Este descendente con la ocurrencia de sequías estacionales significativas, particularmente durante el período estacional lluvioso, así como correlaciones de interés entre la lluvia, la fase y rapidez de las componentes zonales en 50 y 30 hPa.

Introducción

La Oscilación Cuasibienal (QBO) es una oscilación entre el régimen de vientos ecuatoriales del Este y del Oeste en la estratosfera que ocurre como promedio cada 28 meses. Los vientos del Este son dominantes y llegan hasta aproximadamente 30 m/s, mientras que los del Oeste generalmente no rebasan los 20 m/s. La QBO se puede observar entre los 100 y los 2 hPa con una amplitud máxima cerca de los 10 hPa (Hamilton, 1984). Marquardt-y Naujokat, publicaron en el WCRP-105 (1998), los ciclos de la QBO desde 1953 hasta 1997 con una serie de datos aerológicos en las islas Cantón (2,8° S, 171,7° W) desde enero de 1953 a diciembre de 1975, Gan/Maldiva (0,7° S, 73° E) desde enero de 1976 a abril de 1985 y Singapur (1,4° N, 104,0° E) desde mayo de 1985 a agosto de 1997.

A partir de 1953 en que se comenzó a estudiar la oscilación de la componente zonal del viento por encima de los 100 hPa, y de acuerdo con los resultados de los investigadores anteriormente mencionados, se le denominó "Oscilación de 26 meses" después de los 4 ó 5 ciclos observados. Sin embargo, la ocurrencia posterior de dos ciclos con períodos mayores de 30 meses, conllevó a que se le modificara el nombre por "Oscilación Cuasibienal". En 50 hPa, los períodos más cortos encontrados de la QBO son de

22 meses y los más largos de 36 meses, la duración de los vientos del Este es de 11 a 12 meses mientras que los del Oeste duran de 10 a 22 meses. Así mismo, desde 1953 hasta 1997 se habían detectado 20 ciclos de la Oscilación Cuasibienal.

Angell, (1986) determinó un tiempo medio de 4,9 meses para el descenso de los Estes desde 30 a 50 hPa en Singapur con una desviación standard de 2,8 meses, mientras que para los Oestes fue de 3,2 meses con una desviación standard de 0,7 meses. El rango de la descendente del régimen de los Este es rápido durante el período de marzo a junio y lento en el de julio a febrero. A veces, los Oestes giran temporalmente hacia aproximadamente el nivel de 30 hPa durante enero-febrero.

Maruyama y Tsuneoka (1988), plantearon que el evento El Niño 1986-1987 pudo haber tenido conexión con el rápido descenso del régimen de los vientos del Oeste (ciclo 15). Los vientos del Oeste de la QBO en los 50 hPa comenzaron en marzo de 1987 y finalizaron en septiembre de ese año, duró 6 meses, siendo el período de vientos del Este más corto desde 1953 y posteriormente un período largo de vientos del Oeste. Además, estos mismos autores afirman que, en los períodos del evento El Niño examinados, seis casos estuvieron sincronizados con el descenso de los vientos del Oeste. Estos fueron: 1963, 1965/

1966, 1972, 1976/1977, 1982/1983 y 1986/1987, sincronizados con los ciclos 5, 6, 9, 11, 13 y 15 respectivamente.

Aunque la amplitud de la QBO decrece rápidamente desde el Ecuador, las observaciones y la teoría muestran el efecto de la QBO en una gran región de la atmósfera, estando asociada a la variabilidad de la estratósfera superior, la mesosfera y la capa F de la ionosfera y se le vincula estrechamente a las variaciones del ozono estratosférico. Particularmente, la QBO se considera relacionada con la variabilidad interanual de los sistemas sinópticos migratorios de la zona tropical y de las propias variables meteorológicas, principalmente de las precipitaciones (Asnani, 1992). En esta última dirección y en consideración a su posible conexión con los procesos de sequía se desarrolló el presente trabajo.

Materiales y Métodos.

Antes de abordar las relaciones de la QBO con las lluvias en Cuba y en particular con el comportamiento de los procesos de sequía de gran significación para el país o partes de él, se exploró su comportamiento en la región geográfica más cercana a Cuba, sobre la base de las estadísticas disponibles del NCEP/NCAR (Kainay, E. y otros, 1996) y los resultados fueron comparados con los obtenidos por Maruyama y Tsuneoka, (1988), con el objetivo de determinar la consistencia de esta información a dichos propósitos. También fueron valorados sus principales parámetros estadísticos y se realizaron algunas consideraciones sobre la extinción latitudinal de estos procesos.

Utilizando las estadísticas del NCEP/NCAR ya mencionadas, se elaboró la sección espacio-temporal de las componentes zonales del viento entre 100 y 10 hPa en 0° de Latitud y 80° de Longitud Oeste. Para el análisis de la modificación del QBO con la latitud, se efectuaron estos cálculos similarmente para el período 1961-1998, en 5°, 10°, 15° y 20° Norte y en el mismo meridiano 80° Oeste.

En las correlaciones realizadas entre la QBO y las lluvias se utilizaron las estadísticas de la componente zonal del viento en 30 y 50 hPa publicadas por el Centro de Predicciones Climáticas de los Estados Unidos (CPC) en el período 1979 - 1999 y la serie de los acumulados de las lluvias mensuales elaboradas en el Centro del Clima para Cuba y las regiones Occidente, Centro y Oriente, que corresponden a igual período.

Se examinaron detenidamente las fases de la QBO, así como de sus períodos de cambio, desde los años 60 hasta 1999, valorados respecto a los 30 períodos estacionales con sequía (19 del período estacional lluvioso y 11 del poco lluvioso) presentados en Cuba durante estos años.

La QBO y Particularidades en 0° de latitud Y 80° de longitud oeste. Proceso de Extinción Latitudinal. Características de la QBO y Sequía.

Comportamiento de la QBO en 80° W.

La elaboración de la sección espacio-temporal de las componentes zonales del viento entre 100 y 10 hPa en 0° de Latitud y 80° de Longitud Oeste, utilizando las estadísticas del NCEP, ofreció una imagen de la QBO en esta región geográfica análoga a la del Pacífico ecuatorial (WCRP-105, 1998) que se considera útil para el objetivo señalado (Figura 1a y 1b).

Al contrastar los ciclos de la QBO obtenidos a partir de los datos de las estaciones aerológicas de las islas Cantón, Gan/Maldiva y Singapur en el Pacífico, con los reflejados en 0° de latitud y el meridiano 80° W, utilizando las fechas del inicio y final de los ciclos del Este en el nivel de los 50 hPa (el cual se toma internacionalmente como de referencia) y comenzando en el ciclo 4 (Junio de 1960) hasta el ciclo 15 (Marzo de 1987), no se apreciaron diferencias sustanciales en el comportamiento de la QBO entre los dos sitios estudiados. Solamente en los ciclos 6, 10 y 11, donde se presentaron las mayores diferencias, éstas no rebasaron más de 3 meses en una misma dirección, por lo que estas desviaciones no fueron consideradas críticas (Tabla 1).

No obstante que, en los niveles inferiores y superiores a 50 hPa es posible observar algunas diferencias relacionadas principalmente con el mayor o menor descenso de los oestes en 80° W, la clara expresión de la Oscilación Cuasi-Bienal y particularmente las coincidencias señaladas en los niveles de referencia (50 y 30 hPa) condujo a valorar favorablemente la utilización de las estadísticas del NCEP/NCAR en apoyo al objetivo de continuar fortaleciendo los escenarios meteorológicos donde se producen los principales procesos de sequía que afectan la región geográfica de Cuba. Por otra parte, se ga-

nan importantes elementos respecto al uso operativo para nuestra región de los índices del QBO en 30 y 50 hPa en el Pacífico, suministrados mensualmente por el Centro de Predicciones Climáticas de los Estados Unidos.

De manera general, para todos los períodos disponibles al mismo nivel de 50 hPa (En el Pacífico y en 80° W desde 1960 al 1997) los datos reflejaron características compatibles con los anteriores resultados, las cuales se muestran a continuación:

	Duración (meses)						
	Ciclo	Inicio	Máx	Mín	Inicio	Máx	Mín
Islas del Pacífico	36.6	11.6	15	6	15	22	8
0° Lat. y 80° W	28.9	12.2	18	8	16.2	23	12

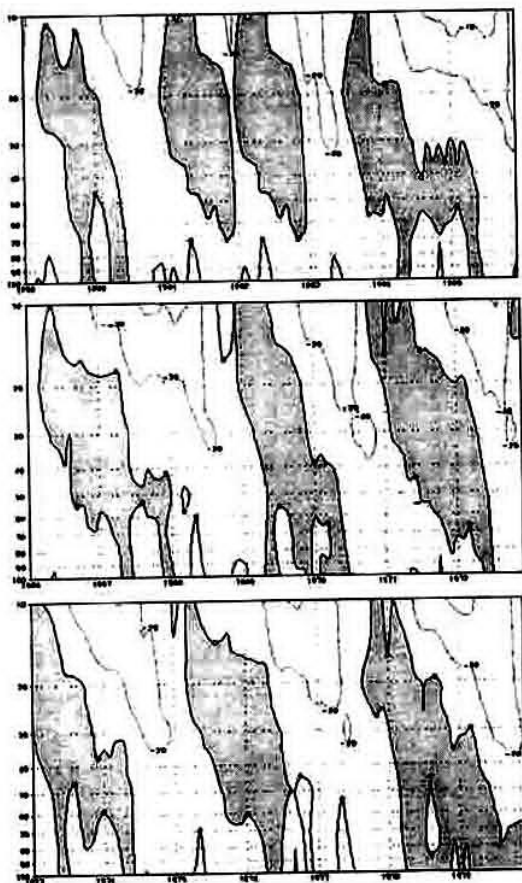


Fig. 1a.- Marcha de QBO en 0° Lat. y 80° Lon. Oeste (1959-1979).

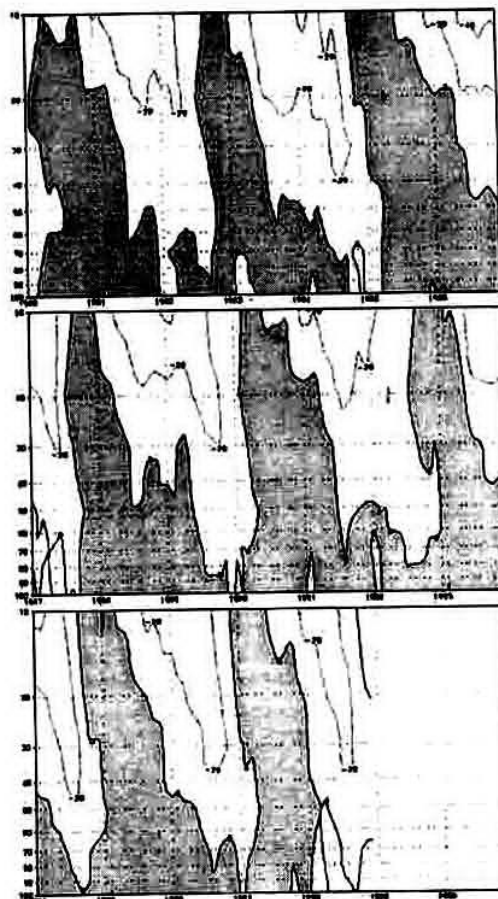


Fig. 1b.- Marcha de QBO en 0° Lat. y 80° Lon. Oeste (1980-2000).

Tabla 1. Fechas de inicio y fin de la componente este del viento zonal en 50 hPa en las islas del Pacífico ecuatorial, según Maruyama y Tsuneoka, (1988) y los cálculos realizados a partir de las estadísticas del NCAR/NCEP.

CICLO	ISLAS DEL PACIFICO ECUATORIAL			0° DE LATITUD Y 80° LONGITUD W		
	Inicio del Este	Fin del Este	Duración	Inicio del Este	Fin del Este	Duración
4	Jun 1960	Jun 1961	12	Jun 1960	Jun 1961	12
5	Oct 1962	Oct 1963	12	Nov 1962	Oct 1963	11
6	Ago 1965	Jun 1966	10	Jun 1965	Ago 1966	14
7	Abr 1968	May 1969	13	May 1968	May 1969	12
8	May 1970	May 1971	12	May 1970	Jun 1971	17
9	Jun 1972	Mar 1973	9	Jun 1972	Abr 1973	10
10	Jun 1974	Jun 1975	12	May 1974	Sept 1975	16
11	Dic 1976	Dic 1977	12	Dic 1976	Mar 1978	15
12	Jun 1979	Jun 1980	12	Jun 1979	Jul 1980	17
13	Nov 1981	Oct 1982	11	Nov 1981	Oct 1982	11
14	Abr 1984	Mar 1985	11	May 1984	Mar 1985	10
15	Mar 1987	Sept 1987	6	Feb 1987	Dic 1987	8
			Media			Media
			11			12

Tabla 2. Tiempo de descenso de los Estes desde 30 a 50 hPa, valorado sobre la base de las estadísticas del NCAR/NCEP en el período 1961-1998 en 0° de Latitud y 80° de Longitud Oeste.

Ciclo	Inicio de los Estes en 30 hPa	Inicio de los Estes en 50 hPa	Tiempo de descenso
5	Noviembre 1962	Diciembre 1962	1
6	Julio 1964	Mayo 1965	10
7	Junio 1967	Enero 1968	7
8	Diciembre 1969	Mayo 1970	5
9	Mayo 1972	Junio 1972	1
10	Noviembre 1973	Mayo 1974	6
11	Julio 1976	Diciembre 1976	5
12	Octubre 1978	Junio 1979	8
13	Junio 1981	Junio 1981	4
14	Julio 1983	Mayo 1984	10
15	Mayo 1985	Febrero 1987	9
16	Junio 1988	Mayo 1989	11
17	Junio 1991	Junio 1991	<1
18	Agosto 1993	Marzo 1994	7
19	Noviembre 1995	Mayo 1996	6
20	Enero 1999	Abril 1998	3

Al determinar el tiempo de descenso de la componente zonal entre 30 y 50 hPa, en correspondencia con el comportamiento de la QBO en 80° W para el período 1961 a 1998, o similarmente desde el ciclo 4 al 20 se obtuvo una media de 5 meses y una desviación estándar de 3.2, con un máximo de 11 (Junio de 1988 a Mayo de 1989) y un mínimo inferior al mes, en Junio de 1991 para los Estes (Tabla 2), mientras que para los Oestes descendentes el valor medio fue de 3 meses y una desviación estándar de 1.2 (Tabla 3), con un máximo de 5 meses en los ciclos 4, 6, 8 y 10 y un mínimo de 1 mes, de Septiembre a Octubre de 1963; estos resultados son muy similares al publicado por Angell, en 1986.

Tabla 3. Tiempo de descenso de los Oestes desde 30 a 50 hPa valorado sobre la base de las estadísticas del NCAR/NCEP en el período 1961-1998 en 0° de Latitud y 80° de Longitud Oeste.

Ciclo	Inicio de los Oestes en 30 hPa	Inicio de los Oestes en 50 hPa	Tiempo de descenso
4	Febrero 1961	Julio 1961	5
5	Septiembre 1963	Octubre 1963	1
6	Abril 1966	Septiembre 1966	5
7	Marzo 1969	Junio 1969	3
8	Febrero 1971	Julio 1971	5
9	Febrero 1973	Mayo 1973	3
10	Mayo 1975	Octubre 1975	5
11	Enero 1978	Abril 1978	3
12	Mayo 1980	Agosto 1980	3
13	Septiembre 1982	Noviembre 1982	2
14	Enero 1985	Abril 1985	3
15	Septiembre 1987	Noviembre 1987	2
16	Marzo 1990	Mayo 1990	2
17	Septiembre 1992	Noviembre 1993	4
18	Diciembre 1994	Febrero 1995	2
19	Febrero 1997	Mayo 1997	3

Distintos autores, entre los que figuran Angell, (1986), Maruyama y Tsuneoka, (1988), Maruyama, (1991) y Dunkerton, (1990), han indicado la importancia de la velocidad de descenso de los Estes o los Oestes en los períodos de cambio entre los 10 y 50 hPa, particularmente en su asociación con la pre-

sencia de Eventos ENOS. Maruyama, (1991), calculó para el período comprendido entre los ciclos 5 y 17 un promedio en el tiempo de descenso de los Oestes de 8.6 meses con una desviación estándar de 2.1, mientras que para el descenso de los Estes este tiempo fue de 14.8 meses y una desviación estándar de 3.6 meses, lo que señala el mayor retardo y variabilidad de éstos últimos.

Extinción latitudinal

El análisis del viento a lo largo del meridiano 80° W en 5°, 10°, 15° y 20° de latitud Norte, en el nivel de 50 hPa, condujo a apreciar que el tiempo de duración de las componentes zonales del Este y del Oeste, ya en 10° N no revela ninguna característica propia de la Oscilación Cuasibienal (Tabla 4).

Tabla 4. Tiempo de permanencia en meses de las componentes zonales del Este o el Oeste ascendiendo en latitud a lo largo del meridiano 80° W en los 50 hPa.

Cantidad de meses	5° N y 20° W		10° N y 30° W		15° N y 40° W		20° N y 50° W	
	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE
Media	13	15	25	8	28	7	12	4
Máxima	19	23	53	14	103	15	34	7
Mínima	8	9	17	6	6	4	5	3

La QBO y su relación con las lluvias en Cuba.

Características específicas de la QBO

La marcha general de la QBO en 30 y 50 hPa (niveles de referencia) entre 1979 y 1999, según las estadísticas publicadas por el CPC y correspondientes al Pacífico (Singapur), se muestra en las Figuras 2 y 3.

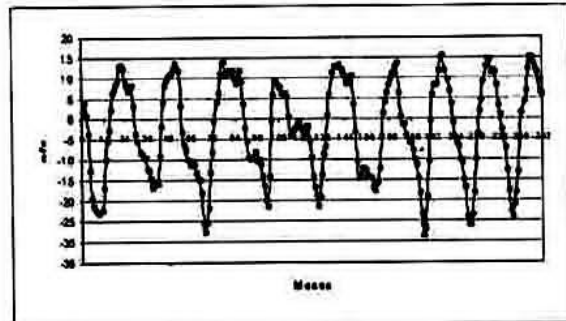


Fig. 2. QBO a 30 hPa (Enero 1979 a Enero 2000)

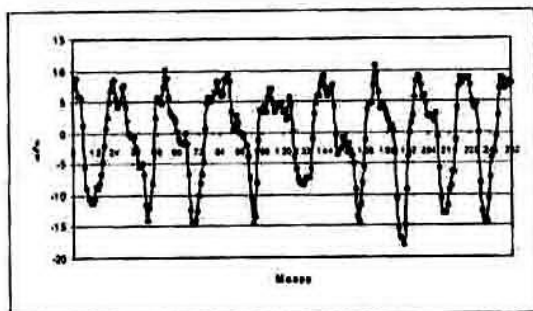


Fig. 3. QBO a 50 hPa (Enero 1979 a Enero 2000)

Para ambos casos, la distribución de frecuencias de la rapidez de la QBO en sus distintas fases, en este mismo periodo se ilustran en las figuras 4 y 5, correspondientes a las distribuciones de la rapidez de la QBO a 30 y 50 hPa. En 30 hPa predominan en frecuencia y rapidez las componentes del Este, las que a su vez alcanzan mayor rapidez que en 50 hPa. En este último nivel, la frecuencia de los Oestes es superior a las que presentan los Estes, pero su rapidez es inferior.

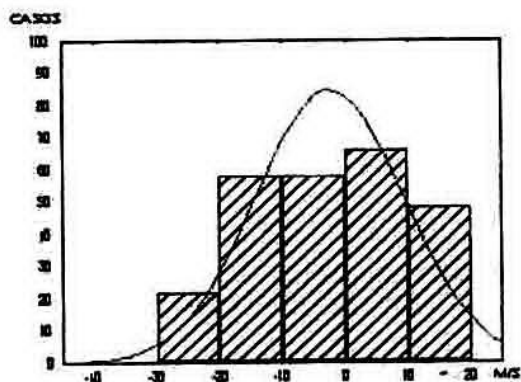


Fig. 4. Distribución de frecuencia de la QBO en 30 hPa

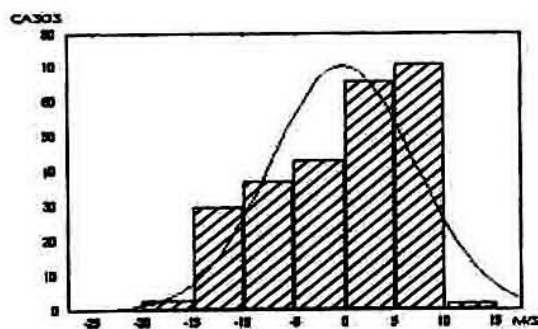


Fig. 5. Distribución de frecuencia de la QBO en 50 hPa

Relaciones de la QBO con las lluvias en Cuba.

La relación de la QBO con las lluvias en Cuba, fue abordada por Cárdenas y Naranjo en 1997 en un trabajo denominado "Impacto y modulación de efectos sobre elementos climáticos en Cuba", donde destacaron la modulación del QBO a 50 hPa (utilizando la estación aerológica de Balboa en Panamá) sobre los efectos de estos eventos en los elementos climáticos en cuestión. En el caso de la lluvia resultó significativa la modulación en condiciones de ENOS, mostrando que las anomalías (positivas) son mucho mayores cuando el flujo zonal es del Oeste, mientras que en condiciones AENOS existen anomalías negativas con velocidades altas de flujo en ambas direcciones y anomalías positivas con velocidades bajas.

En este estudio se examina la vinculación de la QBO en 30 y 50 hPa con las lluvias en general, sin atender a ninguno de estos procesos en particular (ENOS-AENOS), considerando relaciones directas y con retardos de hasta 12 meses, con el fin de evaluar el posible impacto de este fenómeno en los procesos de sequía de gran significación para todo el país o partes de él.

En la Tabla 5 puede advertirse: que la relación directa de la QBO a 30 y 50 hPa con las lluvias (Cuba, Occidente, Centro y Oriente) sin considerar la fase existente, no refleja correlación significativa alguna; sin embargo, al evaluar la fase existente (Oeste o Este) los resultados cambian notablemente, de manera que en 30 hPa las correlaciones son significativas en ambas fases, siendo superiores en la fase Este (salvo la región oriental que presenta un valor muy similar); además, en la fase Oeste las correlaciones son positivas, mientras que en la Este son negativas.

Referido a la misma Tabla, en 50 hPa se aprecia que las correlaciones significativas son generalmente más altas en la fase Oeste y en la fase Este las regiones central y oriental no presentan significación. En este mismo nivel se refleja que las correlaciones son positivas en la fase Oeste y negativas en la Este. Ahora, si se fija la condición de que en ambos niveles (30 y 50 hPa) exista la misma fase, se obtiene que las correlaciones significativas se elevan fuertemente en los 30 hPa durante la fase Este, con la misma peculiaridad ya revelada de que presentan signo negativo en esta misma fase, indicando una relación inversa que precisa la dirección ejercida como factor regulador de la lluvia.

Mejores correlaciones se obtuvieron entre la QBO y la lluvia, cuando se estratificó la muestra considerando el incremento de las velocidades por encima de 5 y 10 m/s en el caso de las componentes zonales

del Este y el Oeste en 30 hPa, mientras que en 50 hPa solamente se logró un incremento de las mismas en la fase Este con valores superiores a 5 m/s.

Tabla 5. Correlación entre las lluvias en Cuba (Cuba, Occidente, Centro y Oriente) y la QBO en distintas fases (E o W) a 30 y 50 hPa y teniendo en cuenta la rapidez del viento. N: Número de casos, E: Este, W: Oeste, V: Velocidad. Correlación: (los valores punteados son significativos a $p < .05000$)

Variable	N	Fase	Velocidad	RRCUBA	RRCCCI	RRCENT	RRORIENT
QBO30	252	E y W	vV*	-.03	-.06	-.00	-.00
QBO50	252	E y W	vV	-.00	-.05	.02	.04
QBO30	114	W	V > 0	.23*	.22*	-.19*	.25*
QBO30	138	E	V < 0	-.30*	-.29*	-.27*	-.24*
QBO50	140	W	V > 0	.31*	.34*	.30*	.32*
QBO50	112	E	V < 0	-.20*	-.27*	-.16*	-.07*
QBO30	163	W(30 y 50)	V > 0	.17*	.14	-.16*	.18*
QBO50	163	W(30 y 50)	V > 0	.19*	.19*	.17*	.18*
QBO30	89	E(30 y 50)	V < 0	-.40*	-.37*	-.37*	-.33*
QBO50	89	E(30 y 50)	V < 0	-.21	-.25*	-.18	-.07
QBO30	109	E	V < 5	-.41*	-.38*	-.34*	-.33*
QBO30	80	E	V < -10	-.39*	-.34*	-.39*	-.28*
QBO30	92	W	V > 5	.41*	.36*	.40*	.39*
QBO30	48	W	V > 10	.47*	.37*	.49*	.37*
QBO50	70	E	V < 5	-.31*	-.30*	-.33*	-.15

*vV= Cualquiera sea V.

Correlaciones con retardos para cualquier fase.

Las mejores correlaciones se producen en los 30 hPa en dos momentos: del cuarto al sexto mes y del décimo al doceavo mes, siendo éstos dos últimos los de mayor significación (Tabla 6). En 50 hPa también se producen dos momentos: el primero en el cuarto y el quinto mes, y el segundo del noveno al doceavo mes (Tabla 7).

Nótese la marcha cíclica de los valores de las correlaciones en ambos niveles y el cambio de signo que se produce del primero al segundo momento de máxima significación. En el primero las correlaciones son positivas y en el segundo son negativas. Esta información resulta de gran interés, dado que mediante la misma se puede estimar la dirección de la influencia que pudiera ejercer la QBO con suficiente antelación. Además, se observa el momento de máxima y mínima asociación de la QBO con la lluvia.

Tabla 6. Correlación entre las lluvias en Cuba y la QBO con retardos de hasta 12 meses en 30 hPa. Los valores punteados son significativos a $p < .05000$. N= 236

RR	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO
	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
CUBA	-.01	.05	.08	.12	.18*	.19*	.15*	.07	.00	-.08	-.16*	-.21*	-.20*
CCCI	-.04	.02	.06	.10	.17*	.18*	.14*	.08	.01	-.05	-.13*	-.18*	-.18*
CEN	.01	.07	.10	.13*	.19*	.19*	.15*	.08	.01	-.07	-.15*	-.21*	-.20*
ORI	.01	.04	.05	.06	.10	.12	.08	.03	-.04	-.09	-.15*	-.16*	-.12

Tabla 7. Correlación entre las lluvias en Cuba y la QBO con retardos de hasta 12 meses en 50 hPa. Los valores punteados son significativos a $p < .05000$. N= 236

RR	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO
	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
CUBA	.01	.05	.07	.11	.15*	.13*	.07	-.02	-.11	-.18*	-.23*	-.24*	-.19*
CCCI	-.02	.03	.07	.12	.15*	.13*	.07	.00	-.07	-.14*	-.20*	-.23*	-.19*
CEN	.03	.06	.09	.12	.16*	.13*	.07	-.02	-.12	-.19*	-.25*	-.25*	-.20*
ORI	.03	.02	.02	.05	.08	.08	.03	-.04	-.10	-.14*	-.15*	-.13	-.09

Al efectuar estos mismos cálculos con las series de lluvias desestacionalizadas, encontramos mejores correlaciones, produciéndose una mayor polarización entre los valores positivos y negativos hacia los primeros y últimos meses de retardo (Tablas 8 y 9), lo que nos indica que ella refleja más claramente los patrones de las variaciones interanuales o intraestacionales que las estacionales propiamente.

Tabla 8. Correlación entre las lluvias en Cuba y la QBO con retardos de hasta 12 meses en 30 hPa, utilizando la serie de lluvia desestacionalizada. Los valores punteados son significativos a $p < .05000$. N= 236

RR	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO
	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
CUBA	.28*	.28*	.26*	.23*	.19*	.12	.04	-.04	-.12	-.18*	-.23*	-.27*	-.28*
CCCI	.17*	.17*	.15*	.12	.09	.05	.00	-.04	-.09	-.12	-.15*	-.18*	-.20*
CEN	.32*	.33*	.33*	.30*	.26*	.19*	.10	-.00	-.10	-.17*	-.23*	-.28*	-.31*
ORI	.16*	.15*	.12	.10	.07	.03	-.02	-.07	-.12	-.15*	-.17*	-.18*	-.18*

Tabla 9. Correlación entre las lluvias en Cuba y la QBO con retardos de hasta 12 meses en 50 hPa, utilizando la serie de lluvia desestacionalizada. Los valores punteados son significativos a $p < .05000$. N= 236

RR	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO	QBO
	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
CUBA	.18*	.14*	.10	.04	-.03	-.11	-.18*	-.25*	-.30*	-.32*	-.33*	-.30*	-.27*
CCCI	.08	.05	.02	-.01	-.04	-.08	-.13	-.17*	-.19*	-.20*	-.20*	-.19*	-.16*
CEN	.26*	.23*	.18*	.11	.01	-.09	-.19*	-.27*	-.33*	-.36*	-.37*	-.36*	-.34*
ORI	.05	.02	-.00	-.03	-.06	-.10	-.14*	-.17*	-.19*	-.19*	-.17*	-.15*	-.12

La QBO y los procesos de sequía en Cuba.

El examen detenido de las fases del QBO, así como de sus períodos de cambio, desde los años 60 a 1999, valorados respecto a los 30 períodos estacionales con sequía al nivel de toda Cuba (19 del período estacional lluvioso y 11 del poco lluvioso) presentados en estos años, sobre la base de su marcha en 80 ° W (Tabla 10), reveló que en la región de estudio, durante los períodos estacionales lluviosos con sequía, en el 100 % de los casos se produjeron durante la fase del Este descendente,

predominando para esta situación (63 %) el flujo zonal del Este entre 30 y 50 hPa. Así mismo, el 91 % de los períodos estacionales poco lluviosos con sequía, éstos transcurrieron también bajo condiciones de Este descendente, predominando, sin embargo, el Oeste en la capa entre 30 y 50 hPa.

Tabla 10. Características de la QBO en las islas del Pacífico ecuatorial y en 80 ° W durante 30 períodos estacionales con sequía en Cuba (como un todo), entre 1960 y 1999.

Región	0° DE LATITUD Y 80° LONGITUD W							
	P. EST. LLUVIOSO				P. EST. SECO			
Estación	E↓		W↓		E↓		W↓	
Casos	19		0		10		1	
% del tot.	100		0		91		9	
30-50 hPa	E	W	E	W	E	W	E	W
Casos	12	7	0	0	4	6	1	0
% del tot.	63	37	0	0	40	60	100	0

Conclusiones

El análisis de la sección espacio temporal de las componentes zonales del viento entre 100 y 10 hPa en 0° de Latitud y 80° W, elaborada sobre la base de las estadísticas del NCAR/NCEP (Reanalysis System), reflejó satisfactoriamente la QBO en nuestra región geográfica. En esta misma posición geográfica y en el nivel de 50 hPa, tomado internacionalmente como nivel de referencia para señalar las fechas de inicio y fin de la componente zonal del este, éstas fueron muy similares a las de las Islas del Pacífico y el tiempo de descenso de los estes y los oestes entre 30 y 50 hPa fue compatible también con el reportado para aquella región.

En Cuba, durante los períodos estacionales lluviosos con sequía (visto el país como un todo), en el 100 % de los casos, estos procesos se produjeron durante la fase este descendente, predominando el flujo zonal del este en un 63 % entre 30 y 50 hPa. En un 91 % de los períodos poco lluviosos con sequía, éstos también transcurrieron bajo condiciones de este descendentes, pero predominando el oeste en la capa entre 30 y 50 hPa. Las correlaciones entre las velocidades del viento de la QBO y la lluvia en Cuba se elevan (con signo negativo) cuando las componentes zonales del este se encuentran en fase simultánea a 30 y 50 hPa. En este caso el proceso de modulación de la QBO favorecería los procesos de sequía.

Las correlaciones entre la QBO y la lluvia son máximas cuando la muestra se estratifica, ya sean del este o del oeste, por encima de 5 y 10 m/s (la fase este con signo negativo y la oeste positivo, que señalan la dirección de la modulación). Los valores más elevados se encuentran con velocidades superiores a 10 m/s en el flujo del oeste.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su gratitud al Dr. Rosendo Alvarez por sus útiles recomendaciones y al Lic. Israel Borrajero por la traducción del Resumen.

Referencias Bibliográficas

- Angell, J.K., 1986: On the variation in period and amplitude of the quasi-biennial oscillation in the equatorial stratosphere, 1951-85. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 2272-2278.
- Asnani, G. C., 1992: *Tropical Meteorology*. WMO. Vol 1.
- Baldwin et al., 1994: Observed correlation between winter-mean tropospheric and stratospheric anomalies. *Geophys. Res. in press*.
- Cárdenas, P. y Naranjo, L. 1997: Impacto y modulación de efectos del ENOS sobre elementos climáticos en Cuba. (inédito)
- Dunkerton, T.J., 1990: Annual variation of desessionalized mean flow acceleration in the equatorial lower stratosphere. *J. Met. Soc. Japan*, 68, 499-508
- Gray, W. M., 1984: Atlantic seasonal hurricane frequency. Part I: El Niño and quasi-biennial oscillation influences. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 1649-1668.
- Hamilton, K., 1984: Mean wind evolution trough the quasi-biennial cycle in the tropical lower stratosphere. *J. Atmos. Sci.*, 41, 2113-2125.
- Kalnay, E. y otros: 1996: The NCEP/NCAR 40 year Reanalysis Proyect. *Bulletin of the American Met. Soc.* 77 No. 3 437-471.
- Maruyama, T y Tsuneoka, Y., 1988: Anomalous short duration of the easterly wind phase of the QBO at 50 hPa in 1987 and its relationship to an El Niño event. *J. Meteor. Soc. Japan*, 66, 629-633.
- Maruyama, T. 1991: Annual and QBO-Synchronized Variations of Lower-Stratospheric Equatorial Wave Activity over Singapore during 1961-1989. *J. Meteor. Soc. Japan*, 69, 219-232.
- Trenberth, K. E., 1980: Atmospheric quasi-biennial oscillations. *Mon. Wea. Rev.*, 108, 1370-1377.
- Trenberth, K. E., 1992: Atmospheric quasi-biennial oscillations. *Mon. Wea. Rev.*, 120, 1370-1377
- Yasunari, T., 1989: A possible link of the QBOs between the stratosphere, troposphere and sea surface temperature in tropics. *J. Met. Soc. Japan*, 67, 483-493.
- WCRP-105, 1998: *Stratospheric Processes and their role in Climate* WMO/TD-No. 914.

ABSTRACT

Starting from the exam of the space-temporary section of the zonal components of the wind between 100 and 10 hPa at 0° of Latitude and 80° of Longitude West, using the statistics of the NCAR/NCEP (Reanalysis System), which offered an image of the QBO in this geographical region similar to that of the equatorial Pacific (WCRP-105, 1998), the correspondence is valued among the different phases and characteristic of this process and the significant occurrence of deficits in the seasonal accumulates of rainfall in Cuba. The results obtained allow to appreciate important coincidences among the phases of the descending East with the occurrence of significant seasonal droughts, particularly during the rainy period, as well as correlations of interest between the rain and the phase and speed of the zonal components at 50 and 30 hPa.