

## EL ENOS, el IOS y la corriente en chorro de bajo nivel en el oeste del Caribe

ILEANA MORA

Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

JORGE A. AMADOR<sup>1</sup>

Centro de Investigaciones Geofísicas y Escuela de Física (LIAP), Universidad de Costa Rica,  
San José, Costa Rica

(Recibido 9 de mayo, 2000, aceptado 28 de junio, 2000)

### Abstract

Using Southern Oscillation Index (SOI) data from 1900-1997 and some other shorter SOI series before 1900, it is determined through filtering and basic statistics, the duration of the warm/cold phases of the events associated to El Niño Southern Oscillation (ENSO) during these periods. A comparison of these results is made with those of other authors for some particular periods. A reasonable agreement is obtained of the beginning, end and duration of the ENSO events. The above results are utilized to study the behavior and possible dynamical response of the Low Level Jet (LLJ) over the western Caribbean, during the boreal summer when this jet develops under an El Niño, La Niña or normal conditions. In spite of the fact that the analysis includes relatively few events for each observed phase of the ENSO signal, it can be said that the region where the LLJ is located experiences under warm ENSO conditions an increment of the zonal flow. This increment has been associated with a possible enhancement of the precipitation in the western region of the Caribbean and more stable conditions in the Pacific side of Central America during the Northern Hemisphere summer months. On the contrary, decrease in the intensity of the trade winds associated with the LLJ during the cold phase of ENSO is observed; which can possibly be related to a less intense orographic rainfall conditions in the western part of the Caribbean during these months.

### 1. Introducción

Durante las últimas décadas, el fenómeno de El Niño ha cobrado gran importancia debido a sus repercusiones a nivel mundial, en especial por sus efectos económicos y sociales. Cada evento ENOS dependiendo de su severidad e intensidad, provoca fuertes impactos socioeconómicos que varían de acuerdo al nivel de vulnerabilidad social a tales fenómenos. Se sabe que el ENOS, no sólo se relaciona con anomalías climáticas que provocan sequías e inundaciones en los trópicos, sino que también repercute a nivel mundial. Por ejemplo, los siguientes casos se relacionan directamente con el ENOS de 1982-1983. De acuerdo a Glantz (1996), Indonesia fue afectada por una severa sequía, que dio como resultado una reducción en la producción agrícola (especialmente arroz), con los consecuentes problemas de hambre, malnutrición, enfermedades y cientos de muertes. En los años que precedieron el evento 1982-1983, Indonesia había estado

recesión mundial, deudas y declinación en las rentas públicas del petróleo, retrocedió el desarrollo económico de ese país. También el ENOS, ha sido asociado indirectamente con efectos en el medio ambiente, pues por ejemplo al evento de 1982-1983, se le atribuyen de acuerdo a este mismo autor efectos en la salud tales como, brotes de encefalitis en el este de los Estados Unidos de América como resultado de un calentamiento y una primavera húmeda que dio el ambiente apropiado para la proliferación de mosquitos. En ambos casos, la economía de cada país resultó impactada ante un fenómeno natural. Puede palpase, la importancia de tales episodios para la sociedad, en especial para aquellos sectores sociales más vulnerables. En Costa Rica, se han realizado varios trabajos que relacionan los eventos ENOS con fluctuaciones en las diferentes variables climáticas, por ejemplo, Alfaro y Amador (1996), Amador y Alfaro (1996) y Alfaro y Amador (1997), sin embargo, estos estudios no ofrecen ninguna información sobre el impacto social de los eventos en el país.

exportando arroz, sin embargo, esta sequía acoplada a la

Aunque normalmente se habla de años El Niño y La

<sup>1</sup> Dirección para correspondencia: Dr. Jorge A. Amador, Centro de Investigaciones Geofísicas y Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias (LIAP), Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Tel. 207-5320. Fax 234-2703. E-mail: jamador@cariari.ucr.ac.cr

Niña, el no establecer algunos criterios para la duración de cada evento, puede conducir a errores al correlacionar distintas variables, pues podrían incluirse periodos que no corresponden verdaderamente a características propias de este evento. Para ilustrar este aspecto, se hace uso de la Fig. 1, adaptada de Amador y col. (1997), la cual utiliza algunos datos de precipitación y sigue básicamente el método descrito por Magaña et al., 1999.

Esta figura muestra, las anomalías de la precipitación

durante eventos El Niño para a) def (diciembre, enero y febrero) en el invierno del hemisferio norte, para los años 82-83, 86-87 y 91-92 y b) jja (junio, julio y agosto) en el verano del hemisferio norte para los años 83, 87 y 92. Se observa que existen grandes diferencias en la distribución regional y en la intensidad de las anomalías de precipitación de un

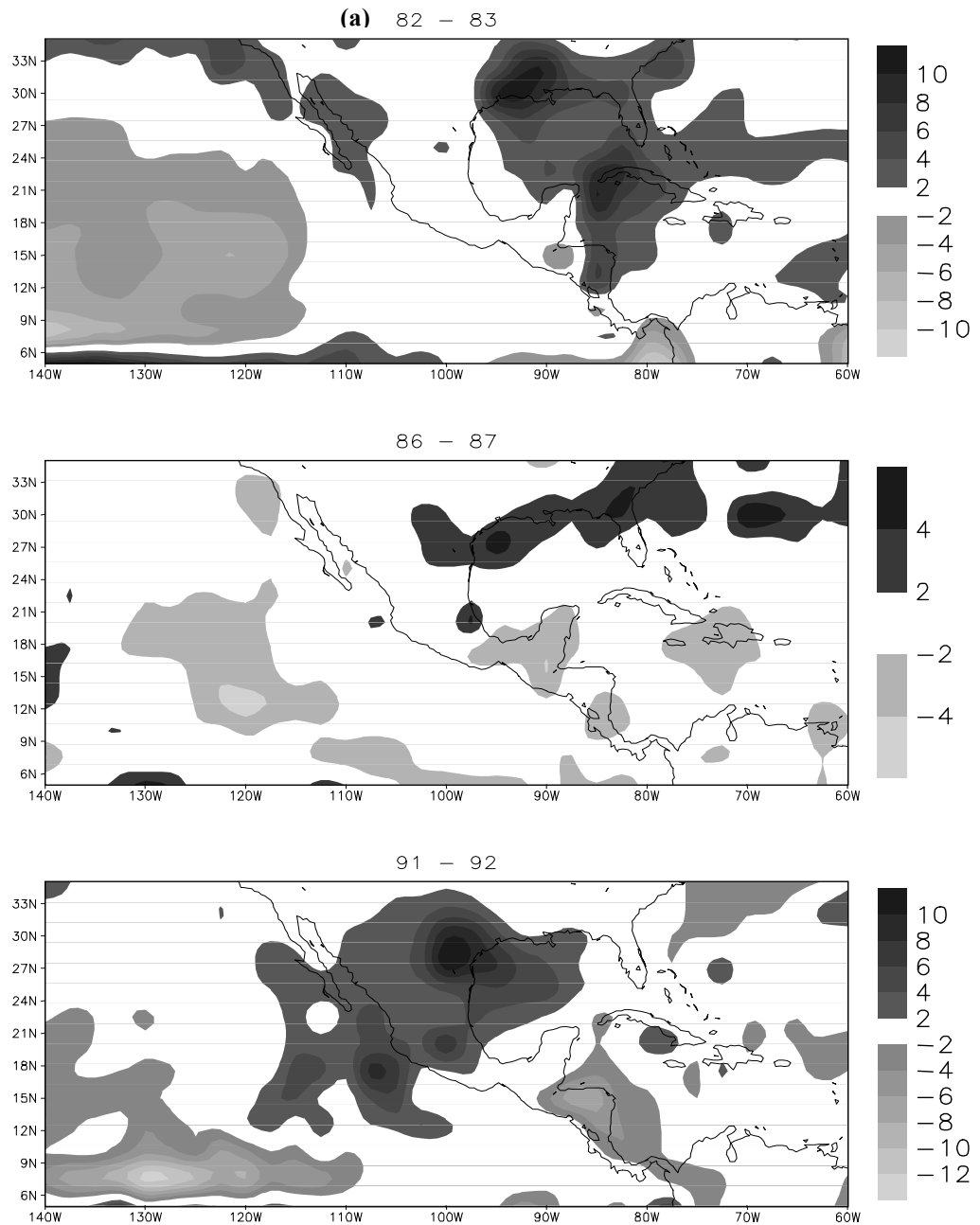


Fig. 1a. Anomalías de la precipitación durante diferentes eventos El Niño para a) Hemisferio Norte, para def (diciembre, enero y febrero)

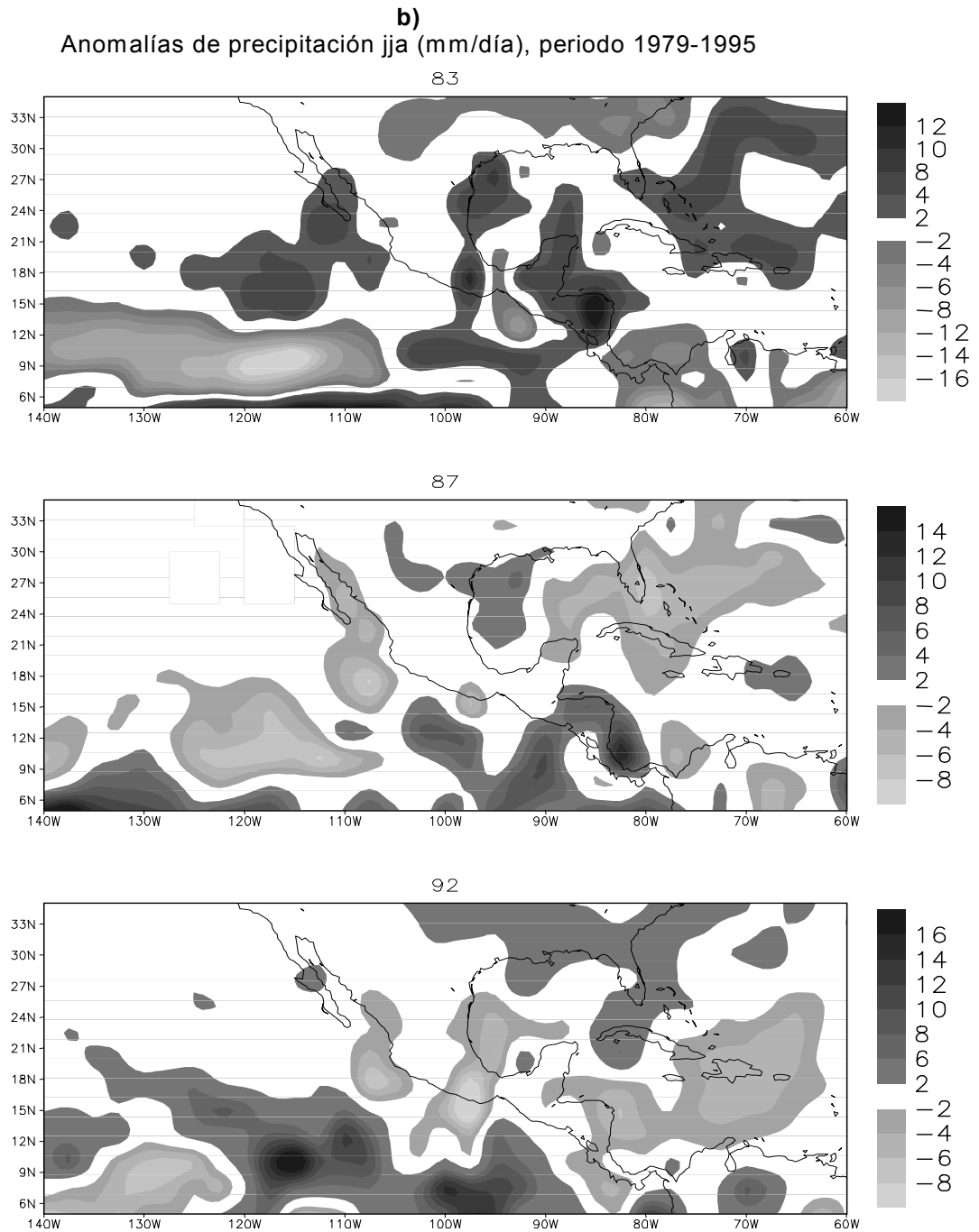


Fig. 1b. Anomalías de la precipitación durante diferentes eventos El Niño para Hemisferio Norte, para jja (junio, julio y agosto)

oscurecer la señal que se desea mostrar. Recientemente, Trenberth (1997), utilizando las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM), en la región Niño 3.4 (localizada en 5°N-5°S, 120°-170°W) propone un procedimiento y encuentra la duración para diferentes eventos El Niño y La Niña y argumenta la importancia de esta definición, pues

reduce la posibilidad de errores debidos a la definición en la duración de esos eventos.

En este trabajo, utilizando criterios objetivos diferentes a los empleados por Trenberth (1997), se presentan los intervalos de duración en meses de los eventos ENOS, durante el periodo 1900-1997 utilizando como

información básica el IOS. Se comparan los resultados obtenidos por Trenberth (1997) con los de este estudio, se discuten las diferencias y similitudes, en particular para la región de Centroamérica y se ofrece una interpretación de los resultados en el contexto de las fluctuaciones y variabilidad asociada al ENOS de un fenómeno de creciente importancia para esta región como lo es el chorro de bajo nivel en el oeste del Caribe. De acuerdo a Amador (1998) y Amador y Magaña (1999), durante el verano boreal se desarrolla una corriente en chorro en el oeste del Caribe en bajo nivel, cerca de 925 mb. Esta corriente que es barotrópicamente inestable, podría responder dinámicamente a condiciones diferentes de temperatura del mar, durante los eventos ENOS y por ende conducir a cambios importantes en la distribución estacional de la lluvia sobre Centro América como ha sido propuesto por estos autores. En este estudio, se aplican los criterios y duración de los eventos ENOS encontrados, a la ocurrencia e intensidad de la corriente en chorro para determinar si se observan cambios que puedan ser atribuidos a las diferentes fases del ENOS.

## 2. Datos

La serie cronológica básica utilizada del IOS (Índice de Oscilación del Sur) para definir la duración de los eventos ENOS corresponde al periodo 1900-1997. El IOS es un indicador que toma como referencia, la diferencia media mensual de presión en superficie entre Darwin y Tahití y la anomalía se normaliza, utilizando la desviación estándar de la muestra. Esta serie, se obtuvo del Departamento de Industrias Primarias en Queensland, Australia. Estos índices utilizan lecturas de presión barométrica de Darwin y Tahití, dadas por el Servicio de Meteorología de Australia, los cuales están sujetos a revisión periódica por esta Institución. También se utilizaron dos series complementarias del IOS para los periodos 1882-1899 obtenida de NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y para 1888-1899, obtenidos de la Universidad de Hawaii, procesados con la metodología de Ropelewski y Jones (1987). Además de estos datos se utilizaron valores de viento zonal de los reanálisis del NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996), para estudiar el comportamiento de esta componente de la corriente chorro en relación con la definición obtenida de los eventos, durante el periodo 1982-1999.

## 3. Método

La serie del IOS utilizada comprende un periodo de 97 años. La Fig. 2 muestra el comportamiento general de dicha serie. En la Fig. 2a se ilustra el periodo de 1900-1955 y en la Fig. 2b se muestra parte del periodo anterior y el resto de la serie, esto es, 1945-1997. Los valores extremos de la serie son -3.82 y 3.31. Puede observarse que existe un alto grado de variabilidad correspondiente a los periodos cortos (del orden de pocos meses). El interés de este trabajo,

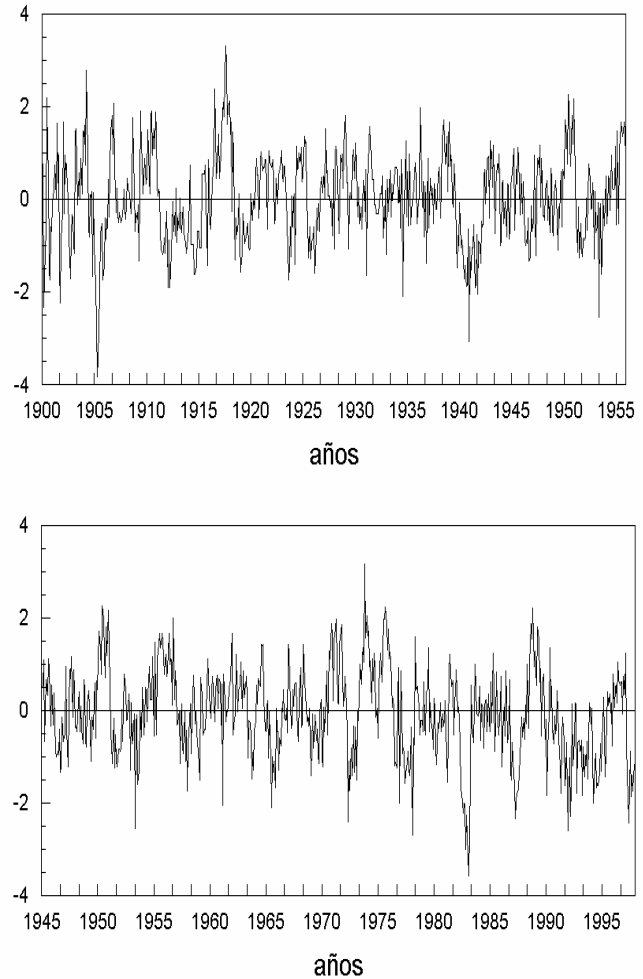


Fig. 2. Serie original del IOS para a) 1900-1955 y b) 1945-1997.

como se explica más adelante, corresponde al de periodos mayores o iguales a los seis meses. En este caso, los periodos menores de seis meses se consideran como “ruido”, de manera que su contribución podría ser suavizada para destacar y estudiar mejor los periodos más largos. Para resaltar las características de las frecuencias oscurecidas por el “ruido” y reducir la varianza de la serie, se utilizaron diferentes tipos de suavizados que actúan como filtros. El análisis de Fourier, fue utilizado para observar el grado de distorsión que cada filtro introduce en la señal de interés. La función que se elige para llevar a cabo este proceso son las ventanas temporales, del tipo rectangular y triangular (Soley, 1994). La ventana rectangular, es una media móvil con pesos iguales y se define entonces para  $2N+1$  elementos como:

$$h[k] = \begin{cases} 1/2N + 1; & -N \leq k \leq N \\ 0 & ; \quad |k| > N \end{cases}$$

La respuesta en frecuencia es:

$$H(\exp(j\omega\tau)) = \frac{1}{2N+1} + \frac{2}{2N+1} \sum_{n=1}^N \cos(n\omega\tau)$$

$$H(\exp(j\omega\tau)) = \frac{1}{2N+1} \frac{\sin((2N+1)\omega\tau/2)}{\sin(\omega\tau/2)}$$

Para el caso de una ventana rectangular de 5 elementos, los valores de h(k) como era de esperar son (1/5,1/5,1/5,1/5,1/5). La ventana triangular, es un promedio pesado, en el que se le da mayor peso al valor central y menor peso al resto de los valores en forma simétrica con respecto a este valor central. Para 2N+1 elementos la ventana triangular se define como:

$$h[k] = \begin{cases} \frac{N+1-|k|}{(N+1)^2}; & |k| \leq N \\ 0 & ; \quad |k| > N \end{cases}$$

La respuesta en frecuencia es:

$$H(\exp(j\omega\tau)) = \frac{1}{(N+1)^2} \frac{\sin^2((N+1)\omega\tau/2)}{\sin^2(\omega\tau/2)}$$

Los valores para la ventana triangular de h(k) son (1/9,2/9,3/9,2/9,1/9).

Algunas observaciones importantes con respecto al uso de estas ventanas puede inferirse de los detalles dados por Soley (1994). A continuación se listan algunos de ellos, de especial interés al presente trabajo, que serán utilizados en la sección siguiente.

1. Una ventana rectangular produce cambios de fase, pues la respuesta en frecuencia posee lóbulos negativos.
2. Una serie se suaviza más al utilizar más elementos. Por ejemplo una ventana de 11 elementos, ya sea triangular o rectangular, suaviza más que una ventana de 5 elementos, sin embargo, las ventanas triangulares producen un resultado ligeramente menos suave que los de las ventanas rectangulares. Lo anterior se debe a que la ventana triangular decae más

rápido, lo que implica que se introduce menor persistencia.

3. Entre mayor sea el número de elementos con el tipo de ventana utilizada, ésta conlleva una mayor pérdida de datos en la serie suavizada, debido a efectos en los extremos.

#### 4. Análisis de resultados relativos a la duración de los eventos ENOS

El fenómeno de El Niño, no tiene un comportamiento de tipo periódico, aunque se puede decir que los periodos que lo dominan están alrededor de los 5 años (Alfaro y Amador, 1997). En la Fig. 3, se muestra el espectro de frecuencias para la serie original (a) y la serie suavizada (b) con una ventana rectangular de 5 elementos.

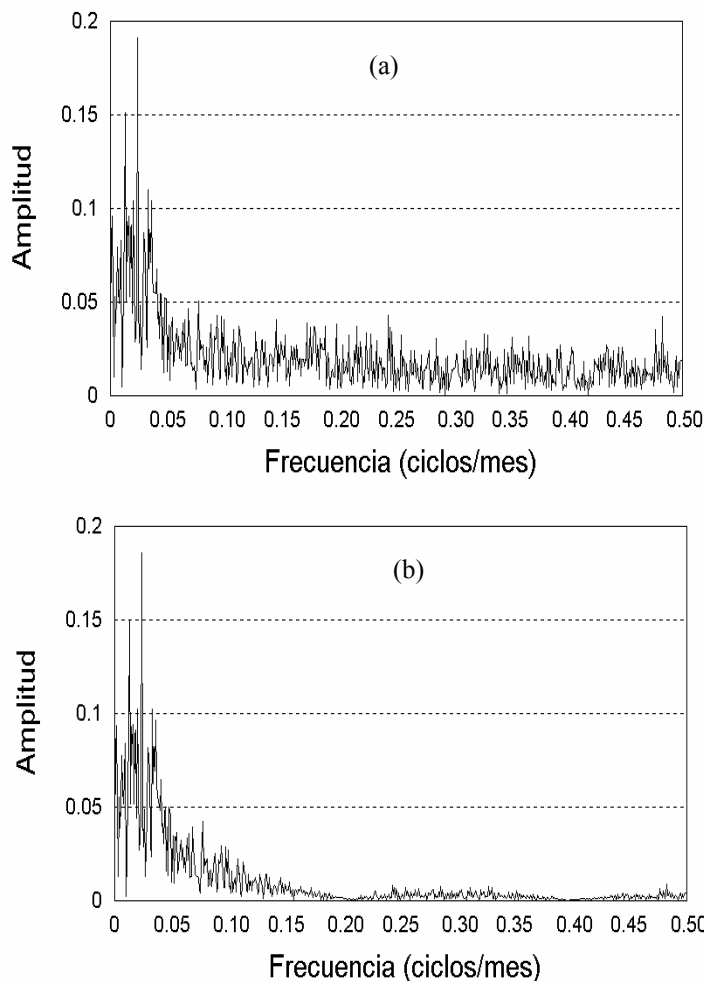


Fig. 3. Espectro de frecuencias para el IOS 1900-1997 para a) datos originales y b) datos suavizados con una ventana rectangular de 5 elementos.

En la Fig. 3a al tomar el rango de frecuencias entre 0-0.1 ciclos/mes, se observan dos picos principales, los cuales corresponden a frecuencias de  $1.25 \times 10^{-2}$  ciclos/mes y  $2.33 \times 10^{-2}$  ciclos/mes con periodos que están aproximadamente entre 6.6 y 3.5 años respectivamente, rango de tiempo en el cual se espera se encuentren fenómenos asociados al ENOS. En la Fig. 3b, la serie fue suavizada con una ventana rectangular de 5 elementos. Al llevar a cabo este procedimiento, se pierden 4 datos de un total de 1164, lo cual es irrelevante. Para frecuencias cercanas a 0.20 y 0.40 ciclos/mes, la respuesta en frecuencia pasa por cero, lo que implica cambios de fase en los datos suavizados. No obstante, estas frecuencias están en un rango que se considera como “ruido”, de manera que este problema no afecta el análisis. Al comparar los espectros del IOS de las Figs. 3a y 3b se observa bastante similitud entre ellos ya que las amplitudes o señales de interés son prácticamente iguales en el rango de frecuencias entre 0-0.1 ciclos/mes.

Para ilustrar mejor dicha similitud, la Fig. 4 muestra estas características en el intervalo de frecuencias

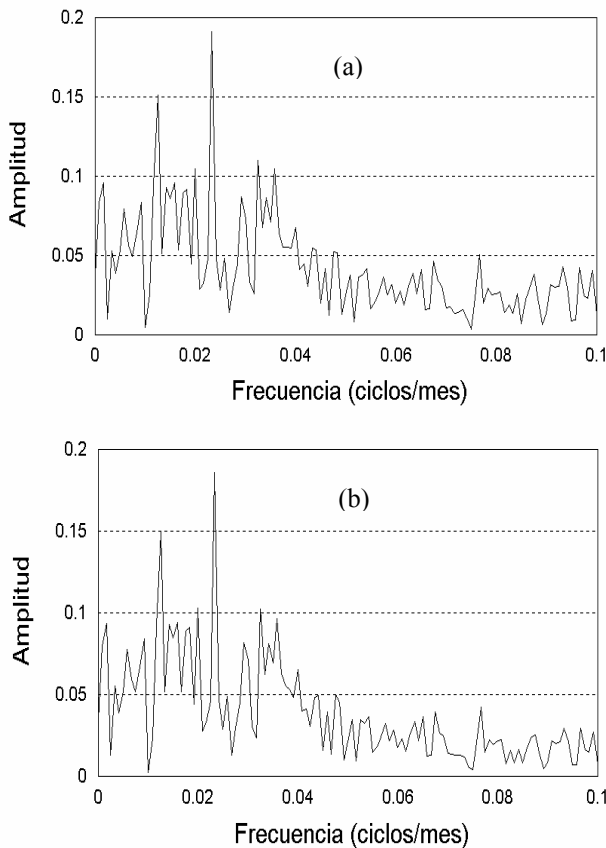


Fig. 4. Espectro de frecuencias para el IOS 1900-1997 para a) datos originales y b) datos suavizados con una ventana rectangular de 5 elementos.

mencionado.

En esta figura se aprecia mejor las propiedades de los fenómenos de interés para este trabajo. Se puede mencionar que en la Fig. 4 no se tiene ningún pico importante en las frecuencias cercanas a 0.08 ciclos/mes, las cuales están ligadas a la componente anual de las variables. Este resultado es consistente con la Fig. 5 en la cual se muestran los promedios mensuales para la serie del IOS. Se observa que los valores mensuales no son significativamente diferentes de cero.

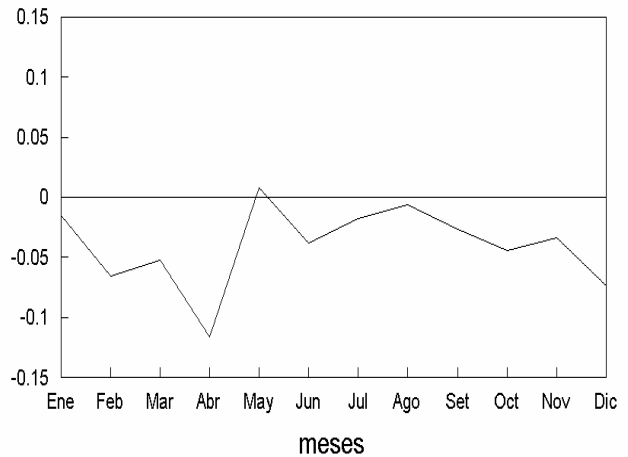


Fig. 5. Valores medios mensuales del IOS 1900-1997.

La Fig. 6a presenta el espectro de frecuencias para una serie suavizada aplicando una ventana triangular de 5

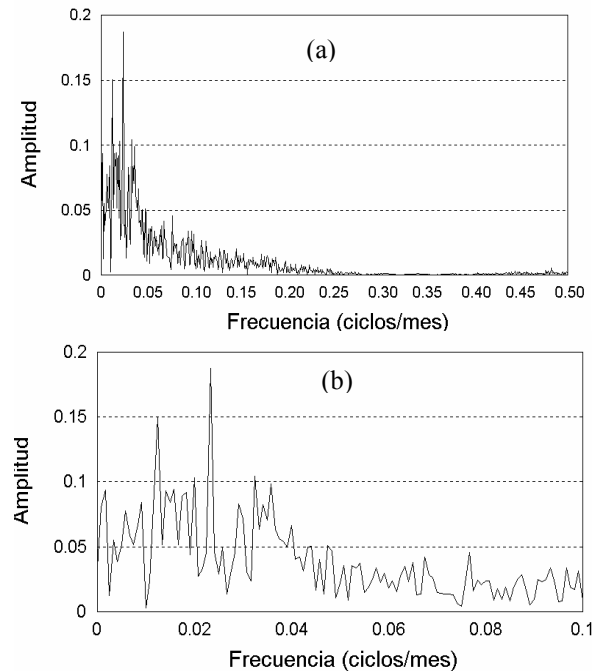


Fig. 6. Espectro de frecuencias para el IOS 1900-1997 para datos suavizados con una ventana triangular de 5 elementos para el intervalo a) 0-0.5 ciclos/mes y b) 0-0.1 ciclos/mes.

Compárese esta figura con la 3a que corresponde al espectro del IOS para los datos originales. En la Fig. 6b no se muestra, prácticamente ninguna disminución en la amplitud para el rango de interés. El poco efecto del suavizado se puede visualizar mejor si se comparan los resultados mostrados en las Figs. 4a y 6b.

Tanto la ventana rectangular como la triangular de 5 elementos, muestran ventajas en cuanto a que no existe una fuerte disminución en la amplitud entre el rango de frecuencias de 0-0.1 ciclos/mes donde se encuentra la señal que se desea estudiar, además se tiene una pérdida de datos despreciable. Como se quiere comparar la duración de los eventos ENOS encontrada en este trabajo con los datos de Trenberth (1997) y este último utiliza una media móvil de 5 elementos (ventana rectangular de 5 elementos) en sus análisis, aquí se utiliza la ventana rectangular de 5 elementos como filtro para la serie original del IOS. De esta forma se pueden contrastar los resultados en la duración de los eventos. En la Fig. 7 se presenta la serie del IOS suavizada con una ventana rectangular de 5 elementos. Compárese esta serie suavizada con la original del IOS en la Fig. 2.

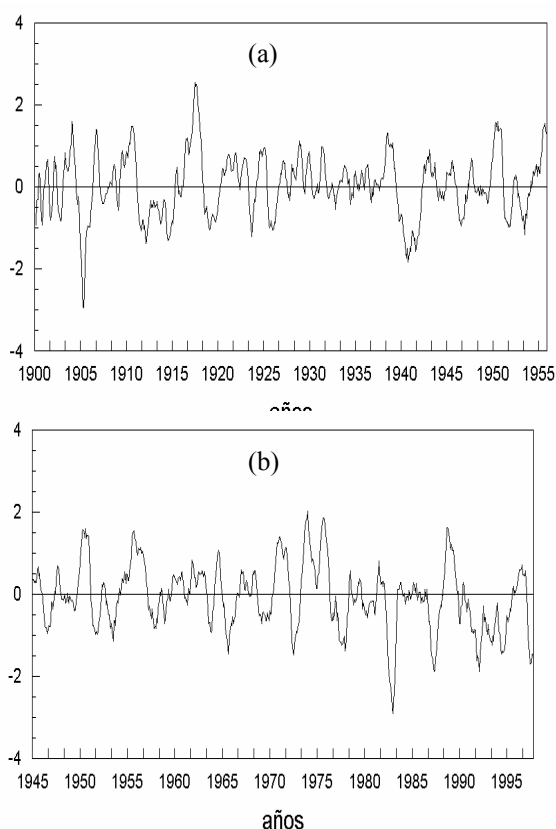


Fig. 7. Serie del IOS suavizada con una ventana rectangular de 5 elementos para a) 1900-1955 y b) 1945-1997.

Como se indicara en la introducción de este trabajo, la forma de definir los años de El Niño o La Niña ha sido

muy general, de aquí la importancia de una definición más clara del inicio y fin de los eventos. Sin embargo, los criterios para tal propósito son muy subjetivos. Por ejemplo, Trenberth (1997), utiliza las anomalías de la TSM en la región Niño 3.4 (5°N – 5°S y 120° -170°W) y aplicando una media móvil de 5 elementos encuentra los periodos para los cuales las anomalías mensuales de la TSM en la región mencionada exceden 0.4°C por 6 meses consecutivos cuando menos. De esta forma este autor define un evento de El Niño. Otro ejemplo lo proponen Gershunov y Barnett (1998), quienes para definir algún periodo de interés, toman los inviernos extremos de ENOS cuando la temperatura superficial del mar, sin tendencia en la región Niño 3.4, es mayor que 0.8σ (0.6°C).

Aunque no se muestra, el comportamiento de la serie del IOS (suavizada y original), tiene una distribución aproximadamente normal, de manera que se pueden obtener algunos parámetros estadísticos tales como la media ( $\bar{X}$ ) y la desviación estándar ( $\sigma$ ). Utilizando el procedimiento estándar para estimar esos estadísticos se obtiene,  $\bar{X} = -0.04$  y  $\sigma = 0.79$ , de manera que, se puede definir el siguiente ámbito:

$$\bar{X} - \sigma/2 = -0.43$$

$$\bar{X} + \sigma/2 = 0.36$$

La duración de los eventos El Niño (La Niña) es definida de manera que si los valores en la serie suavizada son menores que  $\bar{X} - \sigma/2$  (mayores que  $\bar{X} + \sigma/2$ ) por 6 meses consecutivos o más, se tiene entonces la fase cálida (fase fría) del ENOS. Los periodos que no cumplan las anteriores condiciones se consideran de transición o de condiciones normales. La Tabla 1 muestra los resultados al aplicar dichos criterios a la serie suavizada del IOS.

Los resultados para las series del IOS correspondientes a los años anteriores a 1900 se muestran en la Tabla 2. A pesar de lo corto de estos periodos de análisis, existe una buena correspondencia en las fechas de duración de los eventos de El Niño encontrados en este trabajo y los determinados por Quinn *et al.* (1987)

La duración de los eventos en Tabla 1 y Tabla 2 fue comparada con los años de El Niño y La Niña definidos por Kiladis y Diaz (1989), encontrándose también una razonable coincidencia en la definición de la ocurrencia de los eventos.

En la Tabla 3 se compara los resultados obtenidos por Trenberth (1997), con los correspondientes al mismo periodo para este trabajo.

A continuación, se discuten con base en la Tabla 3, algunas de las similitudes y diferencias encontradas entre los resultados de Trenberth (1997), en adelante T y este trabajo, en adelante MA. Nótese por ejemplo que para el año de 1972, que corresponde a un evento de El Niño, este inicia según T en abril 1972 y finaliza en marzo 1973 (fila 7). Compárese con MA que obtienen para ese mismo episodio el

periodo abril 1972 a febrero 1973 (fila 7). Para el año de 1982, nuevamente se tiene un evento cálido, que según T comenzó en abril 1982 y finalizó en julio 1983 (fila 11). Compárese con MA con inicio en abril 1982 y fin en mayo 1983 (fila 10). No existen mayores diferencias entre estos dos casos. Analizando un evento de La Niña en el año 1970, según T este inicia en julio 1970 y finaliza en enero 1972 (fila 5); si se compara con MA este evento corresponde al mismo periodo exactamente (fila 6). Según T un evento frío comienza a principios de su periodo de análisis en marzo 1950 y finaliza en febrero 1951 (fila 1). Como en el presente estudio el periodo analizado es mucho mayor que el de Trenberth, se observa de acuerdo al criterio de MA de que este evento comenzó en diciembre 1949 (fila 1). No obstante estas coincidencias, existen casos como uno de los eventos de La Niña que inicia según T en mayo 1956 y finaliza en noviembre de ese mismo año (fila 3), en tanto que

para MA este evento (fila 2) inicia en abril de 1955 (10 meses antes que el de T) y termina en diciembre de 1956 (se extiende por 9 meses mas que en T). Nótese que T utiliza datos de temperatura superficial del mar para obtener sus resultados en tanto que MA utiliza datos de presión normalizados. Estos campos como es de esperar no necesariamente están en fase durante la ocurrencia de los eventos.

### 5. Respuesta dinámica de la corriente en chorro en el oeste del Caribe

Durante el verano boreal, se desarrolla en el oeste del Caribe una corriente en chorro que alcanza su intensidad máxima en 925 mb durante el mes de julio.

**Tabla 1.** Duración de los eventos de El Niño y La Niña de acuerdo a los criterios utilizados en este estudio durante el periodo 1900-1997.

Eventos de El Niño			Eventos de La Niña		
Inicio	Fin	Duración	Inicio	Fin	Duración
Dic1904	Feb1906	15	Abr1903	Jun1904	15
May1911	Ago1912	16	Jul1906	Ene1907	7
Jun1913	Dic1913	7	Jun1909	Feb1911	21
May1914	Mar1915	11	May1916	Abr1918	24
Ago1918	Ene1920	18	Nov1920	Feb1922	16
Jul1923	Dic1923	6	Set1922	Abr1923	8
Jul1925	Jun1926	12	Jun1924	Abr1925	11
Set 1939	Mar1942	31	Ago1928	Mar1929	8
Abr1946	Dic1946	9	Set1929	Mar1930	7
May1951	Feb1952	10	Abr1931	Set1931	6
Ene1953	Oct1953	10	Mar1938	May1939	15
Set1957	Mar1958	7	Oct1942	Abr1943	7
Ago1963	Ene1964	6	Dic1949	Feb1951	15
May1965	May1966	13	Abr1955	Dic1956	21
Nov1968	Dic1969	14	Oct1961	Mar1962	6
Abr1972	Feb1973	11	Jun1962	Abr1963	11
Jul1976	Nov1976	5(*)	May1964	Nov1964	7
Feb1977	Mar1978	14	Jul1970	Ene1972	19
Abr1982	May1983	14	Jun1973	Oct1974	17
Oct1986	Nov1987	14	Feb1975	Abr1976	15
Feb1991	Jun1992	17	Jun1988	Ago1989	15
Ago1992	Nov1993	16	Mar1996	Dic1996	10
Mar1994	Abr1995	14			

(\*)no cumple con el requisito establecido y se considera marginal



**Tabla 2. Como en la Tabla 1 excepto para el periodo a) 1882-1899 y b) 1888-1899.**

a)

Eventos de El Niño			Eventos de La Niña		
Inicio	Fin	Duración	Inicio	Fin	Duración
Jun1885	Dic1885	7	Abr1886	Oct1887	19
Feb1888	Mar1889	14	Jun1889	May1890	12
Abr1896	Jun1897	15	Nov1897	Abr1899	18

b)

Eventos de El Niño			Eventos de La Niña		
Inicio	Fin	Duración	Inicio	Fin	Duración
Mar1888	Mar1889	13	Jun1889	May1890	12
Mar1896	Jun1897	16	Mar1892	Dic1892	10
			Feb1893	Set1893	8

**Tabla 3. Duración de los eventos de El Niño y La Niña de acuerdo a los criterios utilizados en este estudio, (MA para abreviar), durante el periodo 1950-1997 en comparación con los resultados obtenidos por Trenberth (1997), (T para abreviar).**

Eventos de El Niño					
Inicio	Fin	Duración	Inicio	Fin	Duración
	(MA)			(T)	
1) May1951	Feb1952	10	1) Ago1951	Feb1952	7
2) Ene1953	Oct1953	10	2) Mar1953	Nov1953	9
3) Set1957	Mar1958	7	3) Abr1957	Ene1958	10
4) Ago1963	Ene1964	6	4) Jun1963	Feb1964	9
5) May1965	May1966	13	5) May1965	Jun1966	14
6) Nov1968	Dic1969	14	6) Set1968	Mar1970	19
7) Abr1972	Feb1973	11	7) Abr1972	Mar1973	12
8) Jul1976	Nov1976	5(*)	8) Ago1976	Mar1977	8
9) Feb1977	Mar1978	14	9) Jul1977	Ene1978	7
10) Abr1982	May1983	14	10) Oct1979	Abr1980	7
11) Oct1986	Nov1987	14	11) Abr1982	Jul1983	16
12) Feb1991	Jun1992	17	12) Ago1986	Feb1988	19
13) Ago1992	Nov1993	16	13) Mar1991	Jul1992	17
14) Mar1994	Abr1995	14	14) Feb1993	Set1993	8
			15) Jun1994	Mar1995	10

(\*)no cumple con el requisito establecido y se considera marginal

**Tabla 3. Duración de los eventos de El Niño y La Niña de acuerdo a los criterios utilizados en este estudio, (MA para abreviar), durante el periodo 1950-1997 en comparación con los resultados obtenidos por Trenberth (1997), (T para abreviar). CONTINUACION...**

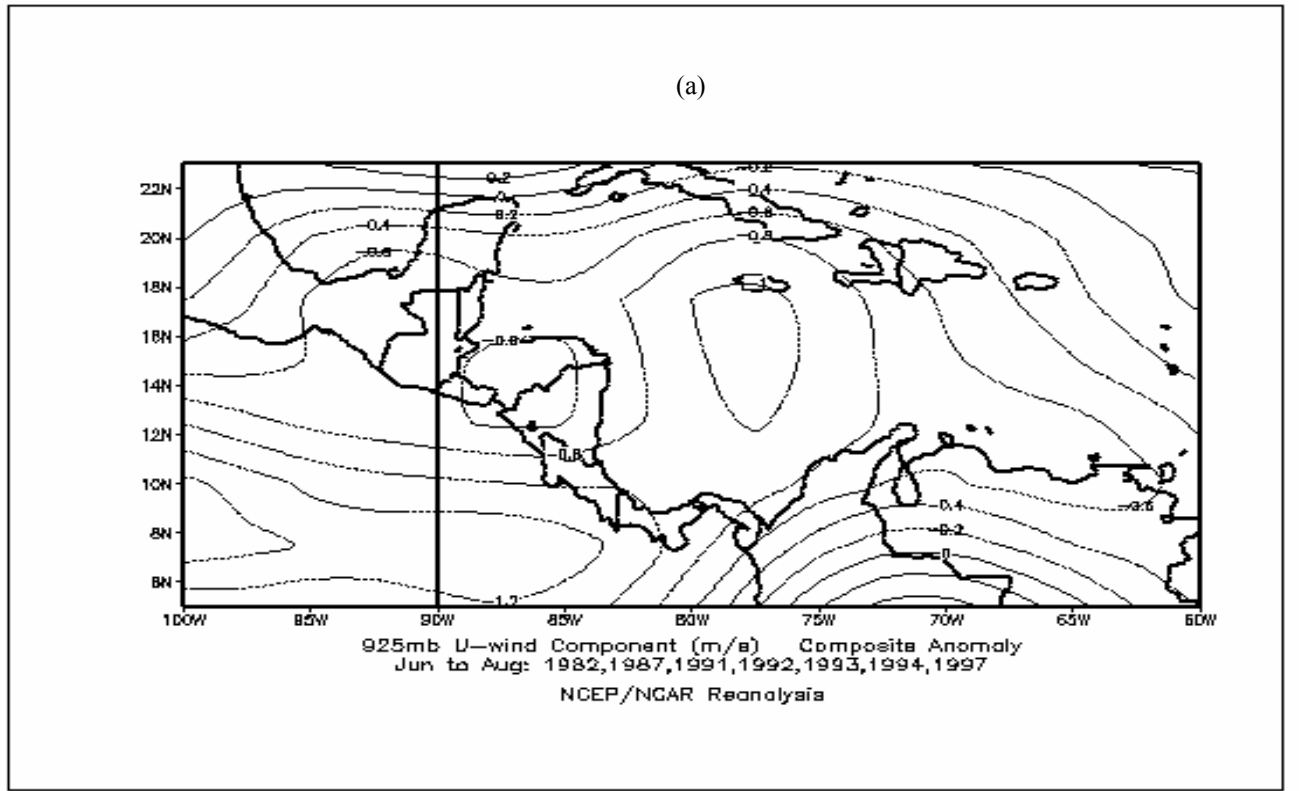
Eventos de La Niña					
Inicio	Fin	Duración	Inicio	Fin	Duración
	(MA)			(T)	
1) Dic1949	Feb1951	15	1) Mar1950	Feb1951	12
2) Abr1955	Dic1956	21	2) Jun1954	Mar1956	22
3) Oct1961	Mar1962	6	3) May1956	Nov1956	7
4) Jun1962	Abr1963	11	4) May1964	Ene1965	9
5) May1964	Nov1964	7	5) Jul1970	Ene1972	19
6) Jul1970	Ene1972	19	6) Jun1973	Jun1974	13
7) Jun1973	Oct1974	17	7) Set1974	Abr1976	20
8) Feb1975	Abr1976	15	8) Set1984	Jun1985	10
9) Jun1988	Ago1989	15	9) May1988	Jun1989	14
10) Mar1996	Dic 1996	10	10) Set1995	Mar1996	7

+

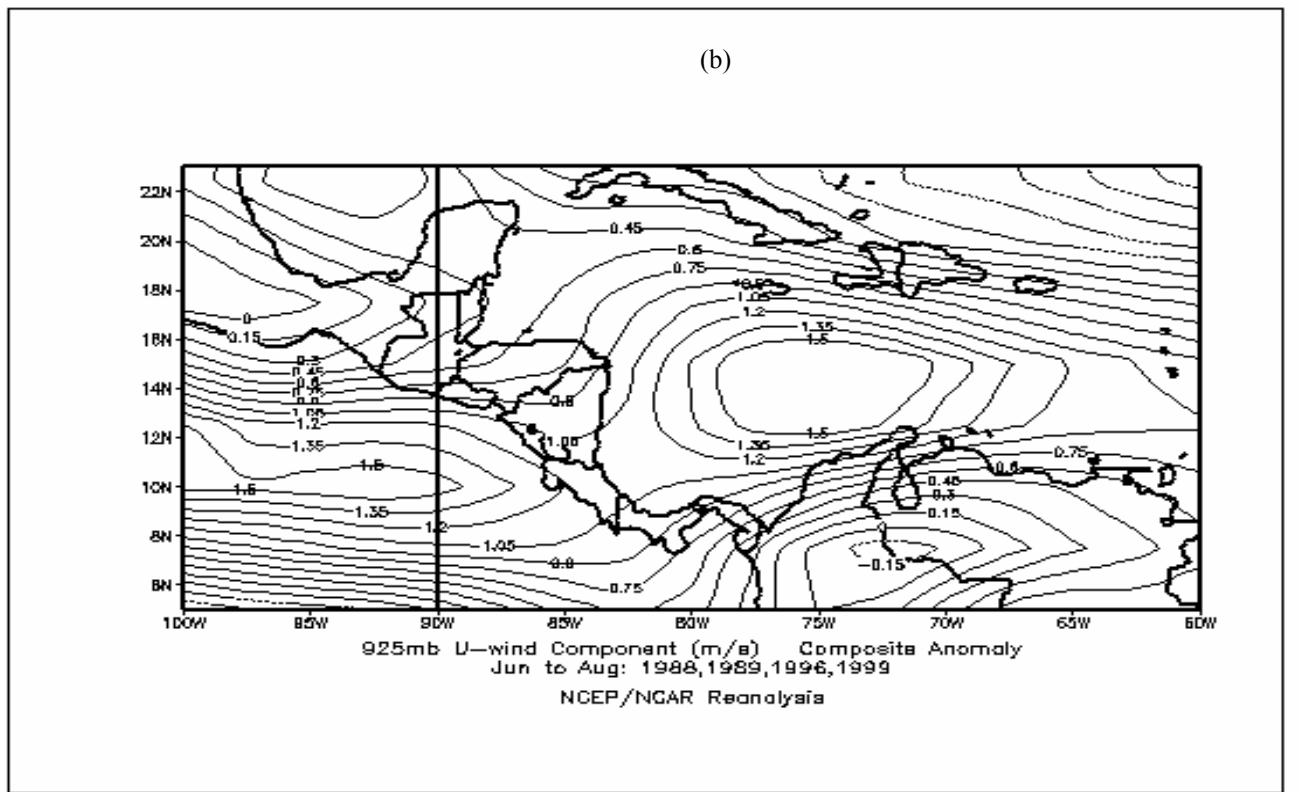
El núcleo de este chorro está centrado aproximadamente entre 13 y 15 latitud norte y entre 70 y 80 longitud oeste (Amador 1998; Amador y Magaña, 1999). Uno de los efectos más importantes de la corriente en chorro en el Caribe es el de determinar la cortante vertical del viento para el potencial desarrollo de sistemas convectivos asociados a fenómenos migratorios tropicales. La intensidad de la corriente y aspectos básicos de su dinámica (inestabilidad barotrópica) plantean problemas de interacción del flujo con la orografía de Centro América y Sur de México y poseen características que favorecen la evolución de perturbaciones que producen importantes efectos en la precipitación regional (Amador, 1998; Amador y Magaña, 1999). Utilizando la duración encontrada para cada evento ENOS según la Tabla 1, se identificó a qué evento pertenecen los meses de junio-julio-agosto (jja), para el periodo 1982-1997. El resultado fue que los veranos jja de 1982, 1987, 1991, 1992, 1993 y 1994, corresponden a un evento El Niño. Los veranos de 1988 y 1989, corresponden a un episodio de La Niña y el resto de los años 1983, 1984, 1985, 1986 y 1990 se clasifican como de condiciones normales de acuerdo a los criterios explicados antes. Con estos resultados se realizó un análisis para identificar los cambios en la intensidad de la corriente en chorro asociados a la presencia de eventos de El Niño y La Niña o lo que podría corresponder a condiciones normales. Se utilizó para ello los datos del NCEP/NCAR (Reanálisis) para 1982-1999 y se obtuvo un análisis compuesto del promedio de las anomalías del viento zonal para los meses jja para los episodios El Niño, La Niña y las condiciones normales. Para completar el estudio se incluyen los eventos cálidos y fríos recientes, de manera que jja de 1997 corresponde a un evento cálido y jja de 1999 corresponde a un evento frío. Para realizar el análisis compuesto, además de lo anterior se

definió el área comprendida entre 5-23 latitud norte y 60-100 longitud oeste, que incluye el núcleo de la corriente en chorro. La estructura básica de la corriente en chorro para 1000, 925 y 850 mb es analizada de igual forma para la misma región.

La respuesta dinámica de la corriente en chorro, a condiciones oceánicas y atmosféricas determinadas por el ENOS, en general parece ser diferente cuando se encuentra asociada a eventos cálidos, eventos fríos o condiciones normales. De acuerdo a la Fig. 8a, el viento zonal en 925 mb aumenta para eventos de El Niño (anomalías negativas indican aumento en el viento zonal), las cuales alcanzan valores del orden de 1 m/s. Aunque no se muestran los resultados de los análisis compuestos para 1000 y 850 mb son consistentes con los encontrados para 925 mb. Nótese en esta figura que en Centro América y Sur de México principalmente, el flujo alisio (componente zonal) aumenta de manera significativa sugiriendo condiciones más estables en la región del Pacífico y una mayor interacción orográfica en la parte Caribe de la misma. El viento zonal asociado a la corriente disminuye cuando está en desarrollo un evento La Niña (Fig. 8b), donde nuevamente en 925 mb se aprecian mejor las anomalías con valores máximos del orden de 1.5 m/s cerca del núcleo de la corriente en chorro (anomalías positivas indican disminución en el viento zonal). Los resultados para 1000 y 850 mb aunque no se muestran, están en armonía con los encontrados para 925 mb. No existe un patrón definido para lo que se ha denominado condiciones normales. Para este caso no existe coherencia vertical en las anomalías y en general los valores encontrados son del orden de 0.3 ó 0.4 m/s, valores apenas por encima del promedio de las anomalías (0.2 y 0.3 m/s) durante el periodo 1982-1999, con respecto al valor normal (1968-1999).



NOAA-CIRES/Climate Diagnostics Center



NOAA-CIRES/Climate Diagnostics Center

Fig. 8. Análisis compuesto del promedio de las anomalías del viento zonal para el verano boreal (junio a agosto) en 925 mb para eventos de a) El Niño y b) La Niña.

A pesar de que el análisis incluye relativamente pocos eventos de cada una de las fases del ENOS (aspecto que debe ser ampliado en el futuro) como síntesis del análisis anterior, se puede decir que la región donde se localiza la corriente en chorro experimenta, cuando se tienen condiciones cálidas, un incremento del flujo en su componente zonal, lo que se ha asociado con un posible aumento en la precipitación en la región oeste del Caribe, durante los meses del verano boreal y condiciones más estables en el lado Pacífico de Centro América. El caso contrario se da cuando se tiene una disminución en la intensidad del alisio asociado a la corriente en chorro durante la fase fría del ENOS que estaría relacionado con una posible disminución en las lluvias en el oeste del Caribe para estos meses.

El cambio más importante experimentado por el chorro se da fundamentalmente en el viento zonal. Cuando se hace un análisis compuesto para el viento meridional, ya sea en eventos de El Niño o La Niña, se observa que, como es de esperar, los valores medios son relativamente pequeños, aproximadamente del orden de 1-1.5 m/s en 925 mb para jja. Un análisis de las anomalías de la componente meridional del viento, que son en general un orden de magnitud menor que los valores medios, está debido a las dificultades propias de los errores observacionales para valores pequeños, más allá de los propósitos de este estudio y se considera que no altera los resultados discutidos anteriormente.

## 6. Conclusiones

A pesar del fuerte impacto social que provocan fenómenos meteorológicos como el ENOS, se han propuesto pocos criterios para definir objetivamente la duración de cada una de sus fases. Uno de estos trabajos (Trenberth, 1997) utiliza la TSM para elaborar una definición y establece la duración de los eventos El Niño y La Niña desde enero de 1950 a marzo de 1997. En este trabajo se hace uso de un método alternativo utilizando el IOS para definir la duración de los eventos asociados al ENOS. El periodo utilizado es mucho más extenso que el de Trenberth (1997). Se analizan valores del IOS del periodo 1900 a 1997 y utilizando criterios estadísticos simples, se determinan durante ese lapso los eventos El Niño y La Niña con su duración en meses. Como una consecuencia de lo anterior, los periodos que no corresponden a una de estas fases, se consideran condiciones normales. Además del periodo 1900-1997, se analizan datos del IOS para dos periodos cortos anteriores a 1900. Para estos periodos, la correspondencia entre el número de eventos cálidos y los resultados de Quinn *et al.* (1987) es bastante buena. Para el periodo más extenso los resultados del presente trabajo son comparables en general con los obtenidos por Trenberth (1997) para el periodo 1950-1997. El hecho de que no haya una correspondencia exacta en los resultados de la duración

de los eventos entre Trenberth (1997) y los encontrados en este trabajo utilizando la serie del IOS, puede deberse a que hay una respuesta en tiempo distinta para la temperatura superficial del mar y para la presión (IOS) durante el desarrollo de los eventos. Antes de estas fechas solo se posee información debida a trabajos como los de Quinn *et al.* (1987) y Kiladis y Diaz (1989) y una comparación directa con estos resultados no es posible debido a los diferentes métodos utilizados para definir la duración de los episodios.

Uno de los resultados más importantes de este trabajo lo constituyen los análisis compuestos realizados para la componente zonal asociado a la corriente en chorro de bajo nivel que se desarrolla en el oeste del Caribe en los meses del verano boreal. La respuesta dinámica de la corriente en chorro, a condiciones oceánicas y atmosféricas determinadas por el ENOS, en general parece ser diferente cuando se encuentra asociada a eventos cálidos, eventos fríos o condiciones normales. El análisis compuesto para el viento zonal en 925 mb para eventos El Niño muestra anomalías negativas del orden de 1 m/s (aumento del flujo zonal). El viento zonal asociado a la corriente en chorro disminuye cerca de 1.5 m/s (valores compuestos) durante eventos La Niña para los meses de junio, julio y agosto. Tanto para El Niño como para La Niña, los resultados en 1000 y 850 mb son consistentes con los de 925 mb. Para los veranos boreales normales no se encuentra un patrón definido o coherente en la vertical. No se determinó respuesta de la componente meridional del viento a eventos ENOS que pueda ser considerada significativa.

## Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por la Universidad de Costa Rica (proyectos VI 805-94-204, VI 805-98-506 y VI 112-99-305) y el Inter-American Institute for Global Change (IAI) bajo las iniciativas ISP 3-030, CRN-73 y CRN-TC3. Uno de los autores (IM) agradece al CIGEFI por la colaboración brindada en apoyo a la realización de sus estudios de posgrado en Ciencias Atmosféricas. Se agradece a V. Magaña de la Universidad Nacional Autónoma de México la colaboración y facilidades brindadas para la elaboración de la Fig. 1. Especial agradecimiento al Dr. Javier Soley por sus comentarios y sugerencias en la elaboración de este trabajo y por poner a disposición de los autores algunos de sus programas para realizar el análisis de Fourier y el filtrado.

## Resumen

Utilizando datos del Índice de Oscilación del Sur (IOS) durante 1900-1997 y algunas series cortas del IOS antes de 1900, se determina mediante un procedimiento de filtrado y estimación de estadísticos básicos, la duración de la fase cálida y fría de los eventos de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) durante estos periodos. Se comparan para algunos casos particulares los resultados de este trabajo con los de otros autores y se encuentra una correspondencia satisfactoria en el inicio, final y la duración de los eventos. Se hace uso de estos resultados para estudiar el

comportamiento y posible respuesta dinámica de la corriente en chorro de bajo nivel en el oeste del Caribe para el verano boreal, cuando esta corriente se desarrolla durante, El Niño, La Niña o en condiciones normales. A pesar de que el análisis incluye relativamente pocos eventos de cada una de las fases del ENOS, se puede decir, que la región donde se localiza la corriente en chorro experimenta, cuando se tiene la fase cálida de este fenómeno, un incremento del flujo en su componente zonal. Esta condición se ha asociado con un posible aumento en la precipitación en la región oeste del Caribe y con condiciones más estables en el lado Pacífico de Centro América en los meses del verano boreal. Durante la fase fría del ENOS se da el caso contrario es decir, una disminución en la intensidad del alisio asociado a la corriente en chorro que estaría relacionado posiblemente a lluvias orográficas menos intensas en la región Caribe de Centro América para estos meses.

#### Referencias

- Alfaro, E. y J. A., Amador, 1996. El Niño Oscilación del Sur y algunas series de temperatura máxima y brillo solar en Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 3(1), 19-26.
- Alfaro, E. y J. A., Amador, 1997. Variabilidad y cambio climático en algunos parámetros sobre Costa Rica y su relación con fenómenos de escala sinóptica y planetaria. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 4(1), 51-62.
- Amador, J. A. y E. Alfaro, 1996. La Oscilación Cuasi-Bienal, ENOS y acoplamiento de algunos parámetros superficiales y estratosféricos sobre Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 3(1), 45-54.
- Amador, J. A., T. Ambrizzi, P. Cárdenas, G. Poveda, V. Magaña y C. Penland, 1997. The Effect of Large-Scale Climate Variability on the Prediction of Local Hydroclimatology. ISP-2 Proposal. Inter-American Institute for Global Change Research. Sao Paulo, Brazil, 13 pp.
- Amador, J. A., 1998. A climate feature of the tropical Americas: The trade wind easterly jet. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 5(2). En Prensa.
- Amador, J. A. y V. O. Magaña, 1999. Dynamics of the Low Level Jet over the Caribbean Sea. Preprints 20<sup>th</sup> Conference in Tropical Meteorology. 10-15 January 1999, Dallas, Texas, American Meteorological Society, 401-402.
- Gershunov, A. y T. Barnett, 1998. Interdecadal Modulation of ENSO teleconnections. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 79, 2715-2725.
- Glantz, M. H., 1996. Currents of change: El Niño's Impact on climate and society. Cambridge, University Press 61-63 pp.
- Kalnay, et al., 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 77, 437-471.
- Kiladis, G. N. y H. F. Diaz, 1989. Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. *J. Climate*, 2, 1069-1090.
- Magaña, V., J. A. Amador y S. Medina, 1999. The Midsummer Drought over Mexico and Central America *J. Climate*, 12, 1577-1588.
- Quinn, W., V. Neal y S. Antúnez, 1987. El Niño occurrences over the past four and half centuries. *J. Geophys. Res.*, 92 (C13).
- Ropelewski, C. F. y P. D. Jones, 1987. An extension of the Tahiti-Darwin Southern Oscillation Index. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 2161-2165.
- Soley, F.J., 1994. Suavizamiento de Series Cronológicas Geofísicas con Ruido Blanco y Rojo Aditivo. *Rev. Geofísica*, 41, 33-58.
- Trenberth K.E., 1997. The Definition of El Niño. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 78, 2771-2777.