

El Niño-Oscilación del Sur y algunas series de temperatura máxima y brillo solar en Costa Rica

Eric Alfaro y Jorge A. Amador¹

*Centro de Investigaciones Geofísicas y Escuela de Física,
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica*

(Recibido 8 agosto 1995, aceptado 27 febrero 1996)

ABSTRACT

Some characteristics of "El Niño-Southern Oscillation" (ENSO) and their possible relationship with the space and time distribution of anomalies of monthly values of maximum temperature and sunshine hours are analysed for some selected regions in Costa Rica. Time series are firstly deseasonalized, then smoothed in order to decrease the contribution of less than a year period components. To carry out the study moving average techniques and Fourier analysis are used. Time series showed anomalies in the range of 0.5° to 1°C, that could be associated with ENSO events. The sunshine hours series present some consistency with the results of maximum temperature, however, its behaviour is more difficult to be interpreted. Almost all the maximum temperature series showed a positive trend in the order of 0.5°C during the last two decades consistent with the idea of a regional warming.

1. Introducción

Especialmente durante las últimas décadas, el concepto tierra-atmósfera ha sufrido una importante transformación al hacerse cada vez más evidente la interrelación que existe entre sus diversas componentes. Evidencia observacional y resultados de modelos numéricos muestran la importancia o influencia que tiene en el clima de algunas regiones los cambios o alteraciones en las componentes atmosféricas producidas por la interrelación con fenómenos oceánicos de diversas escalas (Wigley y Santer, 1993). Las corrientes oceánicas son un buen ejemplo de esta relación y han sido motivo de amplio estudio en las últimas décadas (Philander, 1990). Entre estas corrientes, "El Niño" es tal vez una de las más conocidas. En un principio, el nombre de "El Niño" estaba asociado a una corriente cálida que identificaron los marineros suramericanos

y que se presentaba frente a la costa pacífica durante el verano austral cerca del mes de diciembre (Deser y Wallace, 1987). Estudios realizados en los últimos años han ampliado ese concepto y el nombre de "El Niño" se reserva para la descripción de la penetración de estas aguas hasta las costas de Sur América y la íntima relación entre este fenómeno y algunos cambios en las características oceánicas y atmosféricas a escala planetaria. De acuerdo a Philander (1990), intensas lluvias o períodos anormalmente secos han sido asociados en diversas regiones con la aparición y duración de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). La importancia de este fenómeno en las actividades del hombre y su repercusión en los aspectos ecológicos y económicos de los países afectados han sido tema de abundante discusión y estudio (UNEP, 1991).

En Costa Rica, el fenómeno ENOS ha sido relacionado, con algunos períodos denominados "secos" en la región de Guanacaste y el Pacífico Central, sin embargo hasta el momento es escasa la evidencia que se posee para establecer una relación causal. Siendo ENOS un complejo fenómeno de interacción océano-atmósfera que incluye una gran

Corresponding author address: Dr Jorge Amador, Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica. E-mail: jamador@cariari.ucr.ac.cr

variedad de aspectos observacionales y conceptuales, el estudio de algunas de sus características o interrelaciones con otros fenómenos reviste especial importancia para la comprensión de su naturaleza. Por esta razón, en este trabajo se estudian algunas de las características de ENOS en relación con la distribución espacio-temporal de la temperatura máxima y el brillo solar para algunas estaciones seleccionadas en Costa Rica.

2. Aspectos teóricos y criterios básicos utilizados

Los fenómenos denominados de escala planetaria tienen una dimensión espacial que abarca toda la tierra y en lo temporal sobrepasan los límites estacionales. Entre estos fenómenos de escala planetaria, se puede citar al ENOS.

Para facilitar la comprensión por parte de los que toman decisiones en la utilización de conceptos como el del cambio climático y el ENOS, el III Taller del Grupo de Trabajo sobre los Aspectos Socio-económicos del ENOS celebrado en Bangkok, Tailandia, del 4 al 7 de noviembre de 1991 (UNEP, 1991), emitió algunas definiciones sobre los procesos relacionados con los eventos ENOS. Estos conceptos se reproducen en el Apéndice para facilitar sobre la misma base conceptual, la discusión de la información y resultados presentados en este trabajo.

En el ENOS, El Niño es la componente oceánica y la Oscilación del Sur la manifestación atmosférica del fenómeno. El ENOS ha sido usado a veces para referirse a la perspectiva más amplia de El Niño a los eventos cálidos asociados con un incremento de las temperaturas superficiales del mar en el Pacífico Central y Ecuatorial (Philander, 1990). Bajo las condiciones del ENOS, las temperaturas superficiales del mar son relativamente altas, los vientos alisios son débiles y las diferencias de presión a lo largo del Pacífico Tropical son pequeñas.

Hay evidencias (Edelson, 1987) de que el evento ENOS puede tener su génesis de dos formas:

1. Un decrecimiento de la presión atmosférica en Tahití en noviembre (un ejemplo es el evento 76-77) y
2. Un incremento en la presión atmosférica en Darwin durante junio (un ejemplo es el evento 82-83).

Basados en diferentes fuentes históricas, Quinn *et*

al. (1987), elaboraron una lista de los eventos ENOS más severos de los pasados cuatro siglos y medio. Además proponen también los eventos moderados durante los últimos dos siglos. Como referencia de tipo general, los datos debidos a Quinn *et al.* (1987) se reproducen en los Cuadros 1a y 1b

Aunque la relación no está formalmente documentada, durante algunos eventos ENOS se observa un incremento en los vientos alisios en Costa Rica (notado por Grandoso *et al.*, 1981 y Ramírez, 1983), lo que se ha asociado a un aumento del período de la estación seca en las zonas Central y Pacífica de Costa Rica y a un incremento en la duración de los períodos conocidos como "veranillos" a mitad de año (Ramírez, 1983). Además, de acuerdo a Gray (1988), durante un evento ENOS, el número de ciclones tropicales en el Caribe disminuye. En Costa Rica, los ciclones tropicales son muchas veces productores de mal tiempo y están asociados a períodos y distribuciones anormales de lluvia (Manso, 1983).

3. Datos

Los datos utilizados fueron obtenidos del banco de información del Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Para el análisis, se usaron valores medios mensuales para los parámetros en superficie de temperatura máxima y brillo solar. En general la información suministrada por el IMN no mostró irregularidades importantes que discutir. La características de las estaciones y los períodos utilizados en el estudio se muestran en los Cuadros 2 y 3. Las áreas analizadas comprenden las regiones del Pacífico Norte, Valle Central y Atlántico. El número de lugares para los que se realizó el análisis se considera apropiado para los fines de este trabajo, pues permite estudiar los patrones generales de variación de los parámetros atmosféricos seleccionados durante la ocurrencia de los fenómenos descritos en la sección anterior y mostrar la potencialidad del método usado.

4. Método

En el estudio de variaciones anuales, los promedios de los valores medios mensuales, obtenidos al promediar sobre un número grande de años, son frecuentemente llamados valores "normales" para un mes específico. Al hacer estos

CUADRO 1a. Eventos de El Niño de intensidades fuerte y muy fuerte (mf : muy fuerte, f : fuerte y m/f . de moderado a fuerte, Quinn et al 1987).

Año del evento	Categoría	Año del evento	Categoría
1525-1526	f	1747	f
1531-1532	f	1761	f
1539-1541	m/f	1775	f
1552	f	1785-1786	f
1567-1568	f	1791	mf
1574	f	1803-1804	f
1578	mf	1814	f
1591-1592	f	1828	mf
1607	f	1844-1845	f
1614	f	1864	f
1618-1619	f	1871	f
1624	f	1877-1878	mf
1634	f	1884	f
1652	f	1891	mf
1660	f	1899-1900	f
1671	f	1911-1912	f
1681	f	1917	f
1687-1688	f	1925-1926	mf
1696	f	1932	f
1701	f	1940-1941	f
1707-1708	f	1957-1958	f
1714-1715	f	1972-1973	f
1720	f	1982-1983	mf
1728	mf		

CUADRO 1b. Eventos de El Niño de intensidad moderada (m . moderado, d/m : de débil a moderado, (Quinn et al. 1987).

Año del evento	Categoría	Año del evento	Categoría
1806-1807	m	1887-1889	d/m
1812	m	1896-1897	m
1817	m	1902	m
1819	m	1905	d/m
1821	m	1907	m
1824	m	1914	m
1832	m	1918-1919	d/m
1837	m	1923	m
1850	m	1930-1931	m
1854	d/m	1939	d/m
1857-1858	m	1943	m
1860	m	1951	m
1866	m	1953	m
1867-1868	m	1965	m
1874	m	1976	m
1880	m	1987	m

promedios se ignora la posibilidad de los términos de tendencias de cambio climático de largo período. La diferencia entre un valor medio mensual y un valor normal se conoce como "anomalía".

Para remover el efecto de la variación anual en un parámetro tenemos que si $y_{i,j}$ denota la observación del mes i en el año j , con $j = 1, 2, \dots, m$; donde m es el número total de años de la serie, la media para un mes particular puede definirse en el sentido usual como,

$$p_i = (1/m) \sum_{j=1}^m y_{i,j};$$

p_i es el valor normal para $i = 1, 2, \dots, 12$

La observación individual para un mes determinado en el año j será,

$$y_{i,j} = p_i + x_{i,j}$$

donde $x_{i,j}$ representa la anomalía o desviación con respecto a la media o valor normal.

Nótese que $x_{i,j}$ son los datos con el valor normal abstraído, o sea,

$$x_{i,j} = y_{i,j} - p_i \tag{1}$$

Estas anomalías en términos generales, están libres de la fluctuación anual de la serie (Jones, 1985).

Para estimar el valor de un dato faltante $y_{i,j}$ se procede de la siguiente manera hacia la izquierda (hacia atrás en el tiempo),

$$y_{i,j} = (1/4) [y_{i+2,j} + y_{i+1,j} + p_i + y_{i+1,j}] \tag{2}$$

o hacia la derecha (hacia adelante en el tiempo),

$$y_{i,j} = (1/4) [y_{i-1,j} + p_i + y_{i+1,j} + y_{i+2,j}] \tag{3}$$

Si se combinan las expresiones (2) y (3), se obtiene,

$$y_{i,j} = (1/8) [y_{i+2,j} + 2(y_{i+1,j} + p_i + y_{i+1,j}) + y_{i+2,j}] \tag{4}$$

En las tres últimas expresiones nótese que el valor de i debe adaptarse al valor de j correspondiente. Utilizando una expresión análoga a la (4) pero considerando que el promedio de las anomalías es cero, se obtienen los valores correspondientes a las anomalías faltantes.

A pesar de que la serie generada de (1), utilizando la expresión (4), para estimar los datos faltantes, está casi libre de la influencia anual, ésta contiene aún componentes de período menor a un año, por lo que se realizó un proceso de suavizado mediante promedios móviles de once meses.

Este proceso actuó como un filtro de paso bajo y eliminó parcialmente esas contribuciones. El

resultado anterior es comprobable al obtener el espectro de frecuencia de la serie filtrada por medio del proceso de suavizado, usando la transformada rápida de Fourier. En la sección de resultados se presenta un ejemplo del efecto de suavizado sobre una de las series analizadas.

El algoritmo para calcular la transformada rápida de Fourier se puede encontrar en Cooley y Tukey (1965), donde la transformada discreta de Fourier F_k de la secuencia f_j esta dada por,

$$F_k = (1/N) \sum_{j=0}^{N-1} f_j W_N^{(jk)} \quad (5)$$

donde, $W_N = \exp(2\pi i/N)$, $i = \sqrt{-1}$. Los índices j y k corren de 0 a $N-1$. Algunos resultados sobre la aplicación de esta transformada (Ecuación 5) a series geofísicas se encuentran en Soley y Gutiérrez (1992). Algunos otros detalles sobre el método utilizado se encuentran en Alfaro (1993). Los períodos utilizados para el cálculo de los valores medios se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 2 Localización de las estaciones, parámetros analizados y períodos de estudio considerados en este trabajo para el cálculo de los valores medios (la N : latitud Norte ; lo W : longitud Oeste ; el m : elevación msnm; Tmax : temperatura máxima ; I : brillo solar).

Estación	la N	lo W	el m	Tmax	I
El Carmen	10° 12'	83° 29'	15	73-90	-
La Guinea	10° 25'	85° 25'	40	71-89	-
La Lola	10° 06'	83° 23'	13	72-88	-
Pavas	09° 58'	84° 08'	997	75-90	76-89
Taboga	10° 21'	85° 09'	40	71-90	71-88

CUADRO 3 Períodos utilizados en el estudio (nótese que en algunos casos este período es diferente que el utilizado para calcular los valores medios del Cuadro 2). Tmax: temperatura máxima; I: brillo solar.

Estación	Tmax	I
El Carmen	02/73-12/90	-
La Guinea	71-89	-
La Lola	01/72-11/88	-
Pavas	06/75-02/91	01/76-03/90
Taboga	01/71-12/90	05/71-12/88

5. Resultados y discusión

Los años en que el fenómeno ENOS ha sido considerado como muy intenso y que son de interés para el presente estudio fueron: 1972- 73 y 1982 (Quinn et al. 1987). Los años que presentaron un evento ENOS moderado fueron: 1976 y 1987. Por último según Quinn et al. (1978) durante el año 1975

se presentó un evento ENOS débil en el Pacífico. Para analizar el comportamiento de las series durante un fenómeno ENOS se utiliza la notación -1, 0 y +1 para describir respectivamente los años anterior, durante y posterior al evento ENOS. Una ampliación detallada de la utilización de estos conceptos se encuentra en Alfaro (1993).

Temperatura máxima

Región Atlántica

Las estaciones estudiadas en la región Atlántica fueron La Lola y El Carmen (Figuras 1 y 2, respectivamente). Estas figuras muestran algunas características comunes en relación con las anomalías y las tendencias a corto plazo (12-18 meses) asociadas a ellas, durante la ocurrencia de un fenómeno ENOS. En general, se nota un cambio en la tendencia negativa durante el año -1, anomalías positivas durante el año 0, un aumento o tendencia positiva hacia finales del año 0 y principio del año +1 y una inclinación hacia valores negativos conforme avanza el año +1.

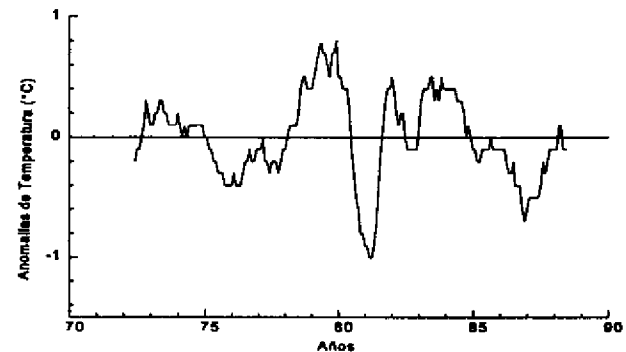


Fig. 1 Anomalías de Temperatura para La Lola, 1972-88.

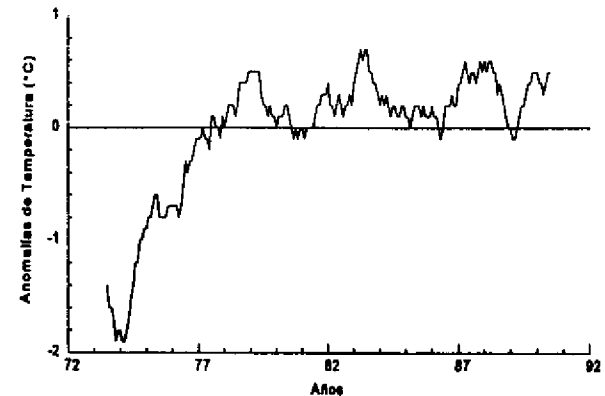


Fig. 2 Anomalías de Temperatura para El Carmen, 1973-91

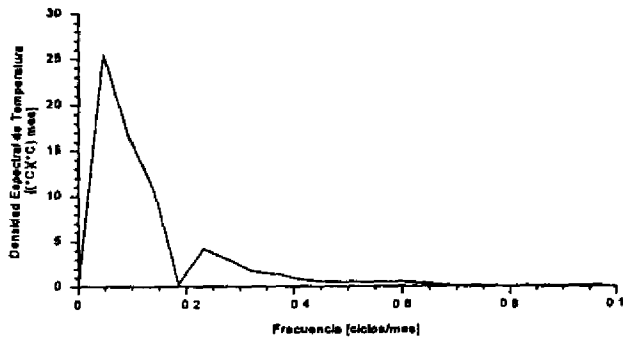


Fig. 3. Densidad espectral de Temperatura para El Carmen, 1972-90.

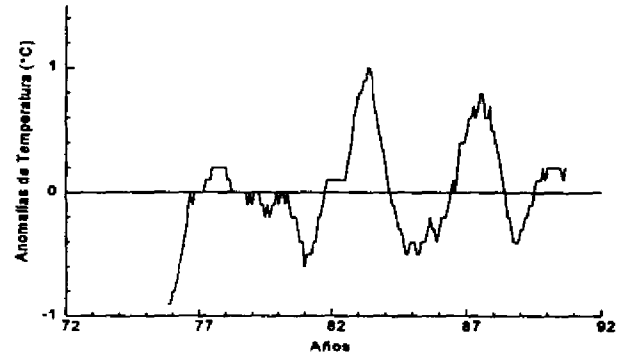


Fig. 6. Anomalías de Temperatura para Pavas, 1975-90.

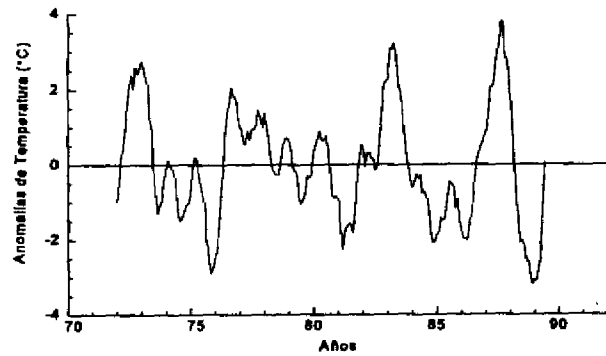


Fig. 4. Anomalías de Temperatura para Taboga, 1972-90.

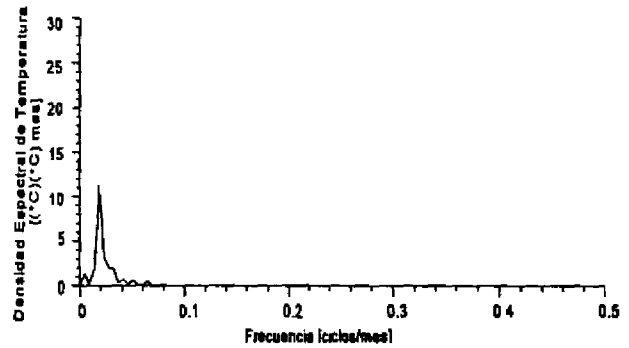


Fig. 7. Densidad espectral de Temperatura para Pavas, 1975-90.

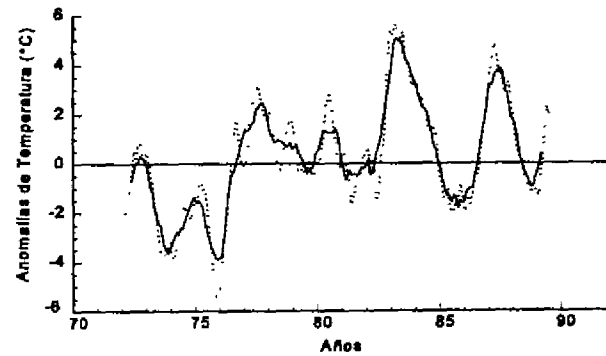


Fig. 5. Anomalías de Temperatura para La Guinea, 1972-90. Los puntos muestran la serie sin suavizar, la línea continua, la serie suavizada.

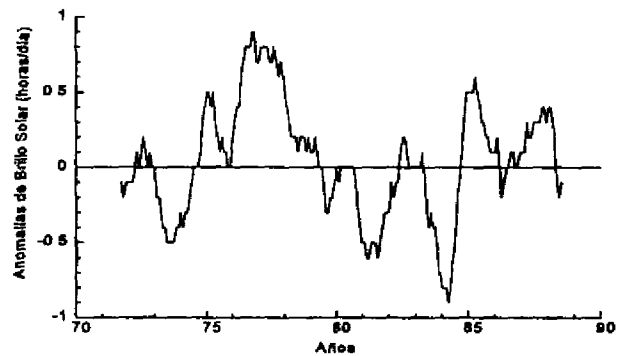


Fig. 8. Anomalías de brillo solar para Taboga, 1971-88.

Nótese también para El Carmen (Figura 2) que las anomalías presentan valores que parecen sospechosos al inicio del período (1972) con un salto brusco en su comportamiento. No se identificó la causa de esta variación de la temperatura en la estación El Carmen.

La estación de La Lola y El Carmen muestran un comportamiento estable durante la ocurrencia de un ENOS. Ambas describen el patrón mencionado de

una manera bastante regular. La excepción como se indicó anteriormente es para El Carmen durante el evento de 1972. El análisis espectral de las series, no presenta señales significativas en la estación de La Lola pero si en El Carmen (Figura 3) la que (0,015 ciclos/mes) y que concuerda con la ocurrencia media del ENOS durante el período de registro de las series. En relación a la tendencia general de las series analizadas para la zona muestra

una señal muy fuerte cercana a los 5 años comportamiento estable durante la ocurrencia de un evento ENOS. Ambas describen el patrón antes Atlántica se puede indicar que no es obvio su comportamiento o cambio durante el período de registro. El Carmen (Figura 2) muestra un incremento del orden de 2°C en las dos décadas de registro, sin embargo como se indicara, el cambio brusco al inicio de la serie parece sospechoso y no parece estar asociado a una tendencia real a largo plazo.

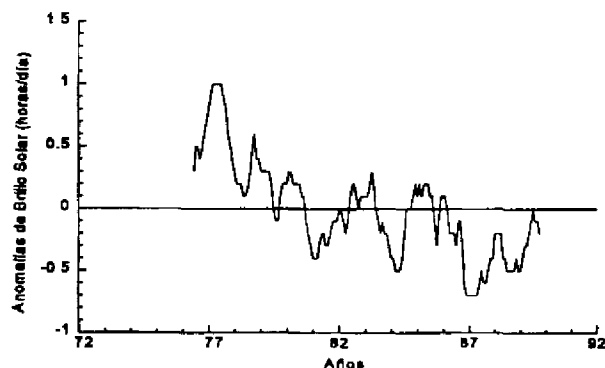


Fig. 9. Anomalías de brillo solar par Pavas, 1976-90.

Pacífico Norte

La temperatura máxima del aire a nivel de superficie sobre la región del Pacífico Norte (Seco) mostró variaciones importantes y una influencia muy marcada de los eventos ENOS. Las tendencias mostraron un comportamiento positivo durante el año -1, máximos relativos durante el año 0 y valores negativos durante el año +1. Las estaciones escogidas en esta región fueron, Taboga y La Guinea y los resultados se presentan en las Figuras 4 y 5 respectivamente. Las estaciones de Taboga y La Guinea muestran marcadas anomalías positivas durante la ocurrencia de los fenómenos ENOS presentes durante el período de análisis. Para la estación de La Guinea (Figura 5) se presenta además para efectos de comparación la serie sin suavizar los resultados de la suavización realizada. Nótese que la suavización reduce las fluctuaciones de la serie y la intensidad de las anomalías pero no cambia su posición ni introduce señales espúreas visibles en su distribución temporal. Como es evidente de la Figura 4, Taboga muestra un comportamiento a largo plazo bastante estable durante el período de registro. En contraste, La Guinea (Figura 5) presenta una tendencia positiva del orden de 2° o mayor durante las dos décadas de registro.

Valle Central

El patrón observado en la estación de Pavas (Figura 6), muestra las mismas características de anomalías positivas que las estaciones del régimen del Pacífico durante la ocurrencia de un evento ENOS (Fig. 4 y 5). En relación con la tendencia general, ésta muestra un incremento de menos 1°C en las dos décadas de registro. La ocurrencia media del fenómeno ENOS (5 años), concuerda con el pico máximo observado en el espectro de Pavas (Figura 7) para la frecuencia cercana a 0.018 ciclos/mes.

Brillo solar

Pacífico Norte

La estación de Taboga (Figura 8) muestra una situación un poco irregular durante el evento del 72-73, donde se presenta un máximo relativo de muy poca amplitud decayendo hacia anomalías fuertes negativas en el año 73. La mayor anomalía positiva se localizó durante el evento del 76, su comportamiento es muy similar al del año 87, ambos precedidos por valores positivos 2 años antes del evento. Para el 82 se presenta el mismo patrón del 72-73 pero con mayor amplitud. Nuevamente el año 83 presenta una importante anomalía positiva.

Valle Central

La estación de Pavas (Figura 9) contiene una marcada inclinación hacia valores negativos que de alguna manera esconde los máximos de los años 82 y 87, que coinciden con el fenómeno ENOS, siendo el año 76 de gran amplitud. Otros picos importantes se registraron durante los años 78, 79 y 89.

6. Conclusiones

En general los análisis espectrales de las anomalías de temperatura máxima mostraron una señal, con promedio cercano a los 5 años, lo cual coincidió con la ocurrencia media del evento ENOS en el Pacífico, durante el período de estudio. El ENOS fue coincidente con los máximos relativos en las series. En general, las anomalías positivas de temperatura muestran una buena relación entre su ocurrencia y el evento ENOS, lo que implica condiciones más cálidas durante este fenómeno. No es clara la relación entre estos períodos más cálidos, la evaporación y la precipitación de índole convectiva. Es posible que este efecto no sea homogéneo en el país a juzgar por el aparente

incremento de los alisios durante ENOS. Un estudio posterior podría aclarar alguno de estos aspectos.

Aunque las series analizadas son relativamente cortas, muestran en las últimas décadas, una tendencia del orden de $+0.5^\circ$, consistente con la idea de un calentamiento regional. Las series de brillo solar son, en general, consistentes con las series de temperatura en cuanto a su comportamiento durante los eventos ENOS, pero en algunos casos su evolución es diferente. Para analizar la influencia de otros fenómenos sobre dichas series de tiempo se requiere un análisis posterior y extender el estudio a otras regiones que posean datos con series cronológicas más largas.

De este trabajo, se confirma que el comportamiento de los parámetros en superficie no responde a una sola causa como el ENOS, sino más bien a la combinación de varios fenómenos de escala sinóptica y planetaria. Estas interrelaciones entre fenómenos de distinta escala revelan un complejo comportamiento y requieren estudios más integrales no sólo en tiempo (mayor cantidad de información), sino en espacio con la consideración de otras estaciones en diferentes regiones de Costa Rica.

Agradecimientos

El agradecimiento de los autores al Centro de Investigaciones Geofísicas, a la Escuela de Física y a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica por su apoyo mediante el proyecto VI-805-94-204. Al Instituto Meteorológico Nacional por la información meteorológica facilitada para este estudio. A Ruth Corrales y Zaida Umaña por la digitación de los datos y la primera versión del manuscrito.

Apéndice

Definiciones varias sobre procesos relacionados con los eventos ENOS. (Tomado del III Grupo de Trabajo sobre los Aspectos Socio-económicos del ENOS. Bangkok, Tailandia, 4-7 de Noviembre de 1991; UNEP, 1991)

El Niño : término que describe la aparición, de tiempo en tiempo, de aguas superficiales cálidas en el Pacífico Ecuatorial Oriental, a lo largo de la costa del Perú y Ecuador.

Evento cálido : se refiere a un calentamiento anormal de las aguas superficiales del océano Pacífico Ecuatorial Central y Oriental. Este calentamiento acompañado por un enfriamiento relativo en el Pacífico Occidental.

Oscilación del Sur : es el sube y baja de la presión atmosférica sobre el Océano Pacífico y el área Indo-Australiana. Cuando la presión atmosférica en el centro de la alta presión del Pacífico Sur baja y sube sobre Indonesia y Australia, los vientos Alisios se debilitan, la surgencia de aguas frías en el Pacífico Ecuatorial y la costa del Perú se debilita o desaparece y las temperaturas de la superficie del océano se incrementan en esas áreas.

Índice de Oscilación del Sur (IOS) : es un índice desarrollado para dar seguimiento a la Oscilación del Sur usando la diferencia de la presión atmosférica al nivel del mar entre Tahití y Darwin, Australia. Valores negativos grandes del IOS, usualmente indican un evento cálido aunque no hay correspondencia exacta entre las ocurrencias de la Oscilación del Sur y los eventos de El Niño.

ENOS : es el término que se usa para describir el rango completo de la Oscilación del Sur que incluye tanto el incremento de las temperaturas superficiales del mar (calentamiento) como el descenso (enfriamiento), comparado con el promedio a largo plazo.

RESUMEN

Se analizan algunas de las características de "El Niño-Oscilación del Sur" (ENOS) y su posible relación con la distribución espacial y temporal de las anomalías de valores mensuales de temperatura máxima y brillo solar, para algunas regiones seleccionadas en Costa Rica. Las series son primero desestacionalizadas y luego suavizadas para disminuir la contribución de componentes de período menor que un año aproximadamente. En este procedimiento se usan las técnicas de promedios móviles y el análisis de Fourier. En especial, las series de temperatura muestran fluctuaciones del orden de 0.5° a 1°C que podrían estar asociadas al fenómeno ENOS. El brillo solar muestra alguna consistencia con los resultados de la temperatura máxima, sin embargo su comportamiento es más difícil de ser interpretado. En casi todas las estaciones analizadas, la temperatura muestra una tendencia positiva del orden de 0.5°C en las últimas dos décadas, consistente con la idea de un calentamiento regional.

Referencias

Alfaro, E J., 1993 Algunos aspectos del clima en Costa Rica en las últimas décadas y su relación con fenómenos de escala sinóptica y planetaria Tesis de Grado. Escuela de Física. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

TOPICOS METEOROLOGICOS Y OCEANOGRAFICOS

- Cooley, J y J. Tukey, 1965. *Mathematics of Computation*. 19, 297 - 301
- Deser, C. y J. M., Wallace, 1987. El Niño and their relation to the southern oscillation. 1925- 1986. *J Geophys. Res* , 92, 189 - 196
- Edelson, E , 1987. El Niño? No simple answer *Mosaic*, p 18 - 23.
- Grandoso, H., V. Castro y A. Vargas, 1981. Características de la atmósfera libre sobre Costa Rica y sus relaciones con la precipitación Informe Semestral, enero-julio. Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
- Gray, W. M., 1988 Tenth annual national hurricane conference. Background for assessment of expected seasonal Atlantic hurricane activity for 1988. Atlanta, U.S A
- Jones, R., 1985 "Time series analysis - Frequency domain", en : *Probability, statistics and decision making in the atmospheric sciences*. ed. por A. H. Murphy y D. W. Katz, Westview Press.
- Manso, P., 1983. Técnicas de pronóstico de trayectoria de ciclones tropicales. Aplicaciones al Huracán Greta. Tesis de Grado. Escuela de Física. Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica.
- Wigley, T. M. L. y B. D. Santer ,1993. Future climate of the Gulf/Caribbean basin from the Global Circulation Models. *Climate Change in the Intra-Americas Sea*, Ed., G. A. Maul, Edward Arnold Limited, 31-52
- Philander, S. G. , 1990. El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation California Academic Press. 293 p.
- Quinn, W., D. Zopf, K. Short y R. Kuo Tang, 1978 Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and the Indonesian droughts. *Fish Bull.* 76(3), 663-678
- Quinn, W., V. Neal y S. Antúnez, 1987 El Niño occurrences over the past four and a half centuries *J Geophys Res* , 92(C13)
- Ramírez, P. , 1983 Estudio Meteorológico de los Veranillos en Costa Rica Nota de investigación N° 5: Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica.
- Soley, F y A. Gutiérrez, 1992. Aplicación de un método de análisis de Fourier para secuencias temporales extremadamente largas: transformada discreta de 21 años de registro horario del nivel del mar en Quepos, Costa Rica. *Cienc. Tec.* , 16(1-2):47-61
- UNEP, Working Group on Socio-economic Aspects of El Niño-South Oscillation, 1991 "ENSO and Climatic Change Workshop" 4 - 7 de Noviembre, Bangkok, Tailandia